

**KOLMEN NIITON STRATEGIAN SÄILÖREHUIJEN TUOTANTO-
VAIKUTUS LIHANAUTOJEN LOPPUKASVATUKSESSA**

Eetu Heikkinen
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden osasto
Kotieläinten ravitsemustiede
2019

Tiedekunta/Osasto — Faculty/Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Department Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Author Eetu Heikkinen			
Työn nimi — Title Kolmen niiton strategian säilörehujen tuotantovaikutus lihanautojen loppukasvatuksessa			
Oppiaine — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Level/Level Maisterintutkielma		Aika — Month and year Maaliskuu 2019	Sivumäärä — Number of pages 45 s.
<p>Tiivistelmä — Abstract</p> <p>Säilörehusatojen kemiallinen koostumus ja laatu vaihtelevat korjuukertojen välillä, koska nurmen kasvuolosuhteet ja korjuuhetken kasvuaste poikkeavat toisistaan. Suomessa on perinteisesti korjattu kaksi säilörehusatoa, mutta kolmen niiton korjuustrategia on yleistymässä. Kolmella niitolla saadaan sulavampi kokonaissato, mutta yksittäisen korjuukerran sato jää pienemmäksi kuin kahdella niitolla. Eläimet pyritään kasvattamaan sulavilla ja energiapitoisilla rehuilla nopeasti, koska nopea kasvu ja suuri rehun syöntikyky pienentävät eläimen ylläpitokustannuksia. Säilörehun syönti riippuu lähinnä NDF-pitoisuudesta, sulavuudesta ja käymislaadusta.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli verrata ensimmäisen (SR1), toisen (SR2) ja kolmannen (SR3) säilörehusadon tuotantovaikutuksia lihanautojen loppukasvatuksessa. Hypoteesi oli, että SR3 soveltuu hyvin lihanautojen ruokintaan, ja sillä saavutetaan yhtä hyvä syönti ja sonnien kasvutulokset kuin ensimmäisellä säilörehusadolla. Kokeen 45 simmental-sonnia jaettiin kolmeen erilliseen ruokintaryhmään, jossa ne saivat joko SR1:seen, SR2:seen tai SR3:seen pohjautuvaa seosrehua, jonka väkirehuosuus oli 45 % kuiva-aineesta. Sonniin rehunkulutus, lisäkasvu, lihakuus ja rasvaisuus mitattiin sekä säilö- ja väkirehujen kemiallinen koostumus analysoitiin.</p> <p>SR3:n sulavan orgaanisen aineen määrä kuiva-aineessa (D-arvo), syönti-indeksi, muuntokelpoinen energia (ME), sekä raakavalkuais- (rv) ja sokeripitoisuus olivat muita satoja suurempia, mutta kuitupitoisuus pienempi, joten kolmas niitto oli korjuuhetkellä aiempia niittoja nuorempaa. SR2:n D-arvo ja ME-pitoisuus olivat pienempiä kuin muiden satojen. Koerehujen säilönällinen laatu oli hyvä. SR1:n syönti-indeksi oli huonoin korkeampien happopitoisuuksien ja pienen kuiva-ainepitoisuuden takia. Nurmien kasvuaste korjuuhetkellä selitti erot koerehujen sulavuuksissa. SR1- ja SR3-seosten kuiva-aineen syönti ja niillä ruokittujen sonnien ME:n saanti olivat suurempia kuin SR2-seoksen. Siten niillä ruokittujen sonnien päiväkasvut ja nettokasvut olivat parempia kuin SR2-ruokinnan sonnien. SR3-seosta saaneiden sonnien rv:n saanti oli aiempia niittoja suurempi, joten niiden valkuaisen hyväksikäyttö oli huonointa. Kuiva-aineen ja energian hyväksikäytössä sekä ruhon laatuominaisuuksissa ei ollut eroja ruokintojen välillä.</p> <p>Toisen ja erityisesti kolmannen niiton rehujen syönnit olivat ensimmäiseen satoon verrattuna pienempiä kuin rehuanalyysien pohjalta oli odotettavissa. Jälkikasvurehujen rehuanalyysi todennäköisesti yliarvioi niiden tuotantovaikutuksen. Jälkikasvurehujen heikompa syöntiä saattoivat selittää niiden mikrobiologinen laatu, kasvitaudit, epävakaa mikrobikasvusto, vaihtelevat kasvuolosuhteet, kuollut kasvimateriaali ja hometoksiinit. Aiemmissa tutkimuksissa hometoksiineja on löydetty jälkikasvurehuista, mutta niiden vaikutukset syöntiin ovat olleet osin kyseenalaisia.</p>			
Avainsanat — Keywords nurmisäilörehu, lihanauta, sonni, ruokinta, korjuustrategia, niittokerta, tuotantovaikutus			
Säilytyspaikka — Maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja — information/information/information Tutkimus toteutettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Siikajoen toimipisteessä. Työtä ohjasivat yliopistonlehtori Seija Jaakkola ja tutkimusprofessori Arto Huuskonen (Luke).			

HELSINGIN YLIOPISTO — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Faculty Faculty Faculty Faculty Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Department Department of Agricultural Sciences
Tekijä — Author Eetu Heikkinen		
Työn nimi — Title Production response of silages produced with three-cut harvesting strategy in finishing beef bulls		
Oppiaine — Subject Animal nutrition		
Työn laji — Level Master's thesis	Aika — Month and year March 2019	Sivumäärä — Number of pages 45 p.
<p>Tiivistelmä — Abstract</p> <p>The chemical composition and quality of silages differ between harvests because the growing conditions and maturity stage of plants vary. In Finland silage is traditionally harvested two times per growing season but three-cut strategy is becoming more common. By three cut it is possible to achieve better digestibility, but the yield of one single harvest is smaller than with two-cut strategy. Farmed animals are aimed to grow quickly with high-digestible feeds because fast growth and large intake capacity reduces maintenance costs of animals. Silage intake depends mainly on NDF content, digestibility and fermentation quality of silage.</p> <p>The aim of this study was to compare first (SL1), second (SL2) and third (SL3) silage harvests and the effects of silages on performance and carcass characteristics of finishing beef bulls. The hypothesis was that third harvest silage is suitable feed for beef bulls and it is possible to achieve similar intake and performance of bulls as with first and third harvest silages. In this experiment 45 simmental bulls were divided into three feeding groups where bulls got total mixed ratio based either on SL1, SL2 or SL3. Proportion of concentrate was 45 %. Feed consumption and live weight gain (LWG) of bulls, and conformation and fat scores of carcasses were measured. Chemical composition of silages and concentrate was analysed.</p> <p>Digestible organic matter in dry matter (D-value), silage intake index, and metabolizable energy (ME), crude protein and sugar contents were higher but fiber content lower in SL3 than in other silages indicating earlier stage of maturity at third harvest compared to other harvests. D-value and ME content of SL2 were lower compared to other cuts. Fermentation quality was good in all silages. Feed intake index was lowest in SL1 because of higher concentration of acids and low dry matter content. The maturity stage of grasses at the time of harvest explained the differences in silage digestibility. Dry matter and ME intakes of SL1 and SL3 diets were higher than SL2 diet. Thus, LWG and carcass gain were better in these diets than in SL2 diet. Bulls having SL3 had higher crude protein intake compared to earlier cuts, so their protein conversion rate was the worst. Feeding did not have effect on dry matter and energy conversion rate or carcass characteristics.</p> <p>Intake of SL2 and especially SL3 were lower than expected based on the feed analyses. The feed analyses of regrowth grass silages probably overestimate the nutritive value compared to first cut silage. Decreased intake of regrowth silages may be explained by microbiological quality, plant diseases, unstable microbial flora, variable growing conditions, dead plant material and mycotoxins. Mycotoxins have been found in regrowth but their effects on intake have been questionable.</p>		
Avainsanat — Keywords grass silage, beef bull, bull, feeding, harvesting strategy, cutting time, production response		
Säilytyspaikka — Where deposited Department of Agricultural Sciences		
Muita tietoja — Further information Study was executed in Natural resources institute Finland (Luke), Siikajoki. Supervisors: University Lecturer Seija Jaakkola and Research Professor Arto Huuskonen (Luke).		

Sisällys

Lyhenteet.....	5
1 Johdanto	6
2 Ruokinta	7
2.1 Ruokinnan vaikutus lihanaudan kasvuun ja ruhon koostumukseen.....	7
2.2. Säilörehu märehitjän ravitsemuksessa	9
2.3 Säilörehusadot ja korjuustrategiat	11
2.3.1 Ensimmäisen säilörehusadon ja jälkisatojen vertailu.....	11
2.3.2 Kahden ja kolmen niiton strategian vertailu	12
2.3.3 Nurmien satotasot eri korjuustrategioissa	14
2.3.4 Kolmannen säilörehusadon käyttökelpoisuus	15
3 Tutkimuksen tavoitteet.....	16
4 Aineisto ja menetelmät.....	17
4.1 Koejärjestelyt	17
4.2 Rehut ja ruokinta.....	17
4.3 Mittaukset.....	18
4.4 Näytteiden otto ja analysointi.....	19
4.5 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi	19
5 Tulokset.....	21
5.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvo	21
5.1.1 Säilörehu ja ohra	21
5.1.2 Seosrehu	22
5.2 Sonnien tuotantotulokset.....	23
5.2.1 Syönti ja ravintoaineiden saanti	23
5.2.2 Kasvu, rehun hyväksikäyttö, teurastulokset ja sonnien terveydentila.....	24
6 Tulosten tarkastelu	25
6.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvo	25
6.1.1 Kuitu ja valkuainen	25
6.1.2 Sulavuus	26
6.1.3 Käymislaatu.....	27
6.2 Sonnien tuotantotulokset.....	28
6.2.1 Syönti ja ravintoaineiden saanti	28
6.2.2 Kasvu, rehun hyväksikäyttö, teurastulokset ja sonnien terveydentila.....	32
7 Johtopäätökset.....	35
8 Kiitokset.....	36
9 Lähteet.....	37

Lyhenteet

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen määrä kuiva-aineessa (g/kg ka)

iNDF = sulamaton kuitu

ka = kuiva-aine

ME = muuntokelpoinen energia

NDF = neutraalidetergenttikuitu

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

PVT = pötsin valkuaistase

rv = raakavalkuainen

SEM = keskiarvon keskivirhe

SR1 = ensimmäinen säilörehusato

SR2 = toinen säilörehusato

SR3 = kolmas säilörehusato

VFA = haihtuvat rasvahapot

1 Johdanto

Pohjoisissa oloissa maissi ei ole vaihtoehto, joten on taloudellisesti kannattavaa panostaa korkeisiin nurmisäilörehusatoihin ja kohtuulliseen säilörehun sulavuuteen (Virkajärvi ym. 2015). Nurmisäilörehu korjataan useita kertoja kasvukauden aikana, ja nurmen kasvuaste vaihtelee korjuuhetken mukaan. Tästä johtuen säilörehun kemiallinen koostumus ja laatu vaihtelevat korjuukertojen välillä (Salo ym. 2014). Lisäksi kasvuolosuhteiden vaihtelu kasvukaudella aiheuttaa muutoksia rehukasvien koostumukseen (Van Soest 1994). Suomen olosuhteissa korjataan tavallisimmin kaksi säilörehusatoa kasvukaudessa, mutta myös kolme korjuuta on toisinaan mahdollista toteuttaa (Salo ym. 2014). Säilörehun kolmen niiton korjuustrategia yleistyy myös pohjoisemmassa Suomessa, koska se mahdollistaa koko kasvukauden kokonaisvaltaisemman hyödyntämisen kuin kahden korjuun strategia (Hyrkäs ym. 2015). Mitä tiheämpi säilörehun korjuuväli on, sitä sulavam-paa rehua saadaan, koska nurmi on korjattu varhaisemmalla kasvuasteella. Tiheämpi korjuuväli johtaa kuitenkin siihen, että hyvälaatuisen rehun sato jää pienemmäksi kuin harvemmalla korjuuvälillä (Phillips 2010).

Säilörehunäytteiden perusteella kolmas korjuu ei ole ollut kovin yleinen Suomessa, sillä kolmannen korjuukerran säilörehun osuus Valion rehunäytteistä oli 8,9 %:a vuosina 1998–2012 (Salo ym. 2014). Ensimmäisen niiton osuus Valion säilörehunäytteissä vaihteli 49,3–57,9 %:n, toisen 37,5–42,1 %:n ja kolmannen sadon 4,5–8,8 %:n välillä vuosina 2014–2017 (Nyholm 2017, Nyholm 2018). Yleensä ensimmäisen sadon hehtaarisato on suurin ja kolmannen sadon pienin (Salo ym. 2014).

Ilmastonmuutos voi parantaa rehuntuotanto-olosuhteita Suomessa muun muassa kasvukauden pidentymisen seurauksena (Virkajärvi ym. 2015), mikä mahdollistaa nurmen syyssadon entistä paremman hyödyntämisen (Hyrkäs ym. 2016a). Ilmastonmuutoksen seurauksena neljän ja jopa viiden korjuukerran strategiat tulevat yleistymään tietyissä osissa Eurooppaa (Hejduk 2015). Korjuustrategioiden vertailu edellyttää tietoa nurmen kasvuasteista ja sulavuuden muutoksista. Nämä tekijät riippuvat kasvukauden ajankohdasta, nurmilajista ja korjuun ajoituksesta (Sairanen ja Hyrkäs 2015). Nurmen kasvuun puolestaan vaikuttaa pellon maantieteellinen sijainti, tehoisa lämpösumma, nurmen kasvuaika ja sadanta (Hyrkäs ym. 2018). Kolmannen korjuun kasvuolosuhteet poikkeavat muiden satojen kasvuoloista, sillä kolmannen sadon kasvaessa päivän pituus lyhenee,

lämpösumman kertyminen hidastuu, säteilyn määrä laskee ja maaperän kosteus voi vaihdella suuresti (Hyrkäs ym. 2016a). Kolmen korjuun strategian vaikutuksista kasvuasteisiin ja rehujen ravitsemukselliseen laatuun on kuitenkin vain vähän tietoa saatavilla (Hyrkäs ym. 2015).

2 Ruokinta

2.1 Ruokinnan vaikutus lihanaudan kasvuun ja ruhon koostumukseen

Syntymän jälkeen luusto, lihaksisto ja elimet kasvavat jatkuvasti, kunnes eläimen ruumiin paino on 50–60 %:a aikuispainosta (Trenkle ja Marple 1983). Ensin kehittyy hermokudos sekä sen jälkeen luukudos, lihaskudos ja lopulta rasvakudos. Tästä syystä eläimen ruumiin koostumus muuttuu eläimen vanhetessa (Owens ym. 1993). Puberteetin jälkeen rasvan muodostus ylittää lihaskudoksen muodostumisen (Huuskonen ym. 2012a) ja yhä suurempi osuus ravinnon energiasta käytetään rasvan muodostukseen. Eläimet tarvitsevat rehun orgaanisia komponentteja kudosten muodostukseen ja energianlähteeksi elintoimintojensa ylläpitoon. Kasvavat eläimet varastoivat saamansa energian uusien kudosten muodostumiseen pääosin proteiinina (McDonald ym. 2011).

Tavoiteltu rasvaisuuden ja teuraspainon välinen suhde määrittää teurastusajankohdan. Tavoitteena oleva teuraspaino taas riippuu ruhojen hinnoittelukäytännöstä eli lihakkuuden ja rasvaisuuden suhteesta hinnoittelussa (Huuskonen ym. 2012a). Hinnoittelun perustana ovat kuluttajien mieltymykset, joiden mukaisesti ruhoista halutaan mahdollisimman lihaksikkaita ja rasvapitoisuudeltaan optimaalisia (Pesonen ja Huuskonen 2015). Suomalaiset kuluttajat suosivat valinnoissaan vähärasvaista jauhelihaa (Herva ym. 2011). Suuri ruhon rasvapitoisuus aiheuttaa myös kuluja lihateollisuudelle, ja sillä on negatiivinen yhteys eläinten tilatason hyvinvointiin (Herva ym. 2011). Siksi lihantuotannossa halutaan lisätä vähärasvaisen kudoksen osuutta lihassa (McDonald ym. 2011), ja vähärasvaisuutta suositaan lihan hinnoittelussa (Herva ym. 2011, Pesonen ja Huuskonen 2015). Lihan hinnoittelun perusta on ruhojen luokittaminen. Se tarjoaa lihantuottajalle mahdollisuuden oppia tuntemaan kuluttajan vaatimukset ja on tärkeä osa markkinointia (Fisher 2007). Teurastusajankohtaan ja tavoiteltuun rasvaisuuteen vaikuttaa kuitenkin myös se, että Suomessa naudanlihan tarjonta alittaa kulutuksen. Tämän vuoksi teurashinnoittelu suosii painavien ruhojen tuottamista (Huuskonen ym. 2012a).

Ruokinnan ravintoainekoostumuksella ja energiapitoisuudella vaikutetaan eläinten kasvuun ja ruhojen koostumukseen (McDonald ym. 2011). Kohdentamalla ravintoaineiden saanti eläimen kasvurytmin mukaiseksi varmistetaan se, että kasvu on mahdollisimman hyvää kaikissa kasvatusvaiheissa (Owens ym. 1993). Eläimet pyritään kasvattamaan olemassa olevilla rehuilla nopeasti, mutta samalla eläinten ruhojen odotetaan vastaavan kulluttajien vaatimuksia. Nopea kasvu pienentää eläimen ylläpitoon tarvittavia kustannuksia lihakiloa kohti (McDonald ym. 2011). Ruokinnan intensiteetin nostaminen nopeuttaa eläinten kasvua, jolloin eläimet saavuttavat rasvan muodostumisen vaiheen aiemmin (Phillips 2010). Märehtijän ruuansulatuksen tärkeimpänä tavoitteena on saada rehuista mahdollisimman paljon energiaa (Ellis ym. 2000), koska energia rajoittaa ensimmäisenä eläimen tuotosta, ja energian saanti on nähtävissä eläimestä päällepäin. Eläimen käytettävissä olevan rehun muuntokelpoisen energian (ME) pitoisuuteen vaikuttaa lähinnä rehun sulavuus ja sulavuuteen vaikuttavat tekijät (McDonald ym. 2011).

Suuri teuraspaino ja päivittäinen ruhopainon lisäys korreloivat korkean rasvaisuusluokan kanssa ja vähentävät vähärasvaisen lihan ja luun osuutta (Steen ja Kilpatrick 1995, Herva ym. 2011). Suomalaisessa naudanlihantuotannossa eläinten teuraspaino on noussut, minkä vuoksi ruhoista on tullut jonkin verran rasvaisempia (Huuskonen ym. 2012a). Korkeiden teuraspainojen tavoittelu johtaa siihen, että rehuhyötysuhde heikkenee ja rehunmuuntosuhde kasvaa eksponentiaalisesti, kun eläinten vanhetessa niiden kasvatusaika pidentyy (Phillips 2010, Pesonen 2015). Tämän vuoksi eläinten kasvua halutaan usein rajoittaa (McDonald ym. 2011). Loppukasvatuskauden ruokinnan rajoittaminen pienentää ruhon rasvaisuusluokkaa sekä lisää vähärasvaisen lihan ja luun osuutta ilman, että teurastettujen eläinten elopaino muuttuu (Steen ja Kilpatrick 1995). Energian liiallista suuntaamista rasvan muodostukseen ehkäistään myös riittävällä valkuaisruokinnalla. Ruokinnan valkuaisen ja energian saannin on siten kohdattava toisensa (McDonald ym. 2011).

Tavoitteena on mahdollisimman suuri syönti, koska suurempi syönti aikaansaa suuremman tuotoksen ja tuotannon tehokkuuden (Forbes 2000), koska eläimen tuotoksen lisääntyessä ylläpitokustannukset laskevat suhteellisesti (McDonald ym. 2011). Syönti riippuu pötsin rakenteellisesta tilavuudesta ja ravinnon soluseinämähiilihydraattien pitoisuudesta (Van Soest 1994). Rehujen neutraalidetergenttikuitu (NDF) on tärkein syöntiä rajoittava kemiallinen tekijä. Pötsin kapasiteetti rajoittaa märehtijän syöntiä useimmissa ruokintatilanteissa. Myös rehun sulavuus ja syönti ovat yhteydessä toisiinsa. Nopeasti sulavat rehut mahdollistavat suuremman syönnin kuin heikommin sulavat, koska sulavammat rehut

imeytyvät ja poistuvat ruuansulatuselimistöstä nopeammin, jolloin ruuansulatuskanavaan vapautuu lisää tilaa (McDonald ym. 2011). Väkirehutason kohottaminen lisää kuiva-aineen (ka) syöntiä, mutta sen vaikutus syöntiin pienenee väkirehuprosentin noustessa. Sen sijaan dieetin raakavalkuaispitoisuus (rv) ei tavanomaisilla rehujen koostumuksilla vaikuta merkittävästi kuiva-aineen syöntiin (Huuskonen ym. 2013).

Rehut voivat sisältää ravitsemukseen kuulumattomia aineita, jotka heikentävät ravintoaineiden hyväksikäyttöä tai vähentävät eläimen rehun syöntiä (D'Mello 2000). Rehun maittavuus ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi kotieläinten rehun syöntikykyyn (McDonald ym. 2011). Kasvavien sonnien rehun syöntiin vaikuttaa eniten eläinten ruumiinpaino (Huuskonen ym. 2013), koska eläimen metabolinen paino on suoraan verrannollinen syöntimäärään (McDonald ym. 2011). Lihakarjan kuiva-aineen päivittäisen syönnin oletetaan usein olevan 22 g/kg elopainoa (McDonald ym. 2011).

2.2. Säilörehu märehijän ravitsemuksessa

Märehijän ruokinta perustuu nurmeen ja säilörehuun, jonka laatu mitataan soluseinämän osuudella, sen sulavuudella ja rehun sulatusnopeudella. Säilörehunurmen koostumukseen ja ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavat eniten nurmen kasvuaste ja korjuuajankohta (Van Soest 1994, McDonald ym. 2011), koska kasvin kasvuasteen edetessä rehu vanheenee ja ravitsemuksellinen laatu heikkenee (Van Soest 1994). Säilörehun ruokinnalliseen arvoon vaikuttaa ravitsemuksellisen koostumuksen ohella sen syöntikyky (Keady ym. 2012).

Säilörehun säilönnällinen laatu riippuu hygieenisestä laadusta ja käymislaadusta, joihin vaikuttavat nurmen kasvuolosuhteet, kuten sää, lannoitus ja maaperä (Jokela ja Rinne 1996). Rehun ruokinnallisten ominaisuuksien tulisi säilyä muuttumattomina säilönnän aikana. Lisäksi kuiva-aine- ja energiatappioiden tulisi olla mahdollisimman vähäisiä (Muck 1988). Mikrobin ja kasvienteymien toiminta korjuun ja säilönnän aikana vaikuttavat säilörehun ravintoarvoon (McDonald ym. 2011). Pääasiassa proteolyyttiset entsyymit, klostridit ja aerobiset mikro-organismit heikentävät säilörehun laatua säilönnässä (Muck 1988). Säilönnässä pyritään rajoittamaan näiden haitallisia käymistuotteita tuottavien mikrobin kasvua sekä saavuttamaan anaerobiset olosuhteet (McDonald ym. 2011).

Kasvin vanhetessa kuidun osuus lisääntyy, koska kuitu ylläpitää kasvavan kasvin rakennetta (McDonald ym. 2011). Rinteen ym. (1997) tutkimuksessa korjuun viivästyttäminen neljällä viikolla nosti säilörehun NDF-pitoisuutta 214 g/kg ka. Samoin Kuoppalan ym. (2010) mukaan NDF:n ja sulamattoman kuidun (iNDF) pitoisuudet lisääntyvät säilörehukasvuston vanhetessa. Soluseinämän pitoisuus, sen sulavuus ja lignifikaatio vaikuttavat sulavuuteen (Van Soest 1994). Ligniiniä sisältävän soluseinämän osuuden lisääntyessä orgaanisen aineen sulavuus, joka määrittää pitkälti nurmen ravitsemuksellisen arvon, laskee (McDonald ym. 2011), koska märehitjän ruuansulatus ei pysty hyödyntämään lignifioituneita kasvinosia. Ravinnosta saatava kuitu on kuitenkin pötsin toiminnan edellytys (Van Soest 1994). Sulavuuden heiketessä myös kasvin netto- ja muuntokelpoisen energian pitoisuus laskevat, koska suuri kuitupitoisuus heikentää rehun sulavuutta ja energiasisältöä. Samoin sulavien proteiinien ja hiilihydraattien pitoisuudet pienenevät (McDonald ym. 2011). Rinteen ym. (1997) mukaan vanhempana korjattu säilörehu vähentää myös pötsin alkueläinten määrää, kasvattaa pötsin pH:ta ja muuttaa käymishappojen osuutta.

Huuskonen ja Kotilainen (2012) totesivat, että lihanautatilan taloudellinen tulos paranee säilörehun sulavuuden parantuessa. Kun D-arvo on parantunut 10 g/kg ka, lisääntyi sonnien päiväkasvu 26–37 g ja nettokasvu 23 g (Manninen ym. 2011, Huuskonen ja Kotilainen 2012). Mannisen ym. (2011) tutkimuksessa aikaisin korjattu säilörehu (sulavan orgaanisen aineen määrä kuiva-aineessa, D-arvo 750 g/kg ka) lisäsi loppukasvatuksessa hereford-sonnien päiväkasvua 187 g/pv ja nettokasvua 116 g/pv, vähensi kuiva-aineen kulutusta nettokasvukiloa kohti 1,29 kg/pv sekä lyhensi loppukasvatusaikaa 18 päivää verrattuna myöhemmin korjattuun säilörehuun (D-arvo 700 g/kg ka). Sen sijaan elopainoon, ruhon muotoon, rasvaluokittumiseen, eikä lihan mehukkuuteen tai mureuteen korjuuajan kohdalla ei ollut vaikutusta Mannisen ym. (2011) tutkimuksessa. Huuskonen (2010) totesi kuitenkin, ettei säilörehun D-arvon useimmiten ole tarpeen olla selvästi yli 700 g/kg ka, koska säilörehun raakavalkuaispitoisuus on silloin suuri ja satotaso pienempi. Samoin Rinne ym. (1997) päätyivät siihen, ettei erittäin aikainen korjuu ole suositeltavaa, koska rehun korkean typpipitoisuuden vuoksi pötsin typpitappiot ovat suuremmat.

2.3 Säilörehusadot ja korjuustrategiat

2.3.1 Ensimmäisen säilörehusadon ja jälkisatojen vertailu

Valtaosa säilörehututkimuksista keskittyy vain ensimmäiseen säilörehusatoon (Rinne 2000). Salon ym. (2014) aineistossa vuosilta 1998-2012 suomalaisten nurmisäilörehusatojen keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli 321 g/kg, D-arvo 674 g/kg ka, raakaproteiinipitoisuus 147 g/kg ka, NDF-pitoisuus 541 g/kg ka, iNDF-pitoisuus 79 g/kg ka, syönti-indeksi 102,5 ja pH 4,2. Nämä tulokset kertovat suomalaisten viljelijöiden hyvästä ammattitaidosta (Virkajärvi ym. 2015). Taulukossa 1 on esitetty suomalaisten säilörehujen koostumus ja säilönnällinen laatu korjuukerroittain vuosina 1998-2012 ja 2014-2017.

Taulukko 1. Valion säilörehunäytteiden kemiallinen koostumus, g/kg kuiva-ainetta, jos ei muuta mainittu

	1. säilörehusato		2. säilörehusato		3. säilörehusato	
	Nyholm	Salo	Nyholm	Salo	Nyholm	Salo
Kuiva-aine	-	317	-	326	-	304
Raakavalkuainen	140	149	141	145	154	148
NDF	543	552	528	535	482	523
D-arvo	685	683	666	664	686	670
Syönti-indeksi	109	104	102	100	106	101
pH	-	4,19	-	4,22	-	4,22
Haihtuvat rasvahapot	-	12,9	-	12,4	-	12
Maitohappo	-	45	-	43,5	-	44,5
Kokonaistypestä (g/kg)			-		-	
Ammoniumtyppi	-	47,8	-	40,3	-	41,9
Liukoinen typpi	-	437	-	390	-	385

Nyholm= Valion säilörehunäytteet (96 700 kpl) vuosilta 2014-2017, n=4, Nyholm (2017) ja Nyholm (2018)

Salo= Valion säilörehunäytteet (110 000 kpl) vuosilta 1998-2012, n=15, Salo ym. (2014)

NDF = neutraalidetergenttikuitu

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen määrä kuiva-aineessa (g/kg ka)

Jälkikasvurehu on tyypillisesti heikommin sulavaa kuin ensimmäinen sato, sillä Kuoppalan ym. (2008) tutkimuksessa D-arvot ensimmäisen ja toisen korjuukerran säilörehuille olivat 674 ja 640 g/kg ka ja Huhtasen ym. (2006) käyttämässä aineistossa sulavuudet olivat 0,733 ja 0,694. Kuoppalan ym. (2008) mukaan ensimmäisen säilörehusadon sulavuus

laski keskimäärin 5,0 g/kg ka/päivä. Toisen niiton sulavuuden lasku oli hitaampaa vain 3,6 g/kg ka/päivä, kun ensimmäinen säilörehusato oli korjattu aikaisin ja 2,5 g/kg ka/päivä, kun ensimmäinen sato oli korjattu myöhään.

Castle ja Watson (1970) ja Kuoppala ym. (2010) havaitsivat, että lehmät söivät ensimmäisen korjuukerran säilörehua enemmän kuin toisen korjuukerran säilörehua. Kuoppalan ym. (2008) mukaan lypsylehmät söivät ensimmäistä säilörehusatoa (13,3 kg ka/päivä) enemmän kuin jälkikasvusatoja (12,5 kg ka/päivä) myös silloin, kun korjuukertojen säilörehujen rehuarvot olivat samanlaisia. Kuoppalan ym. (2010) tutkimuksessa pötsin koko, säilörehujen kemiallinen koostumus, NDF:n sulatus tai imeytyneiden ravintoaineiden proteiini/energia -suhde eivät selittäneet ensimmäisen säilörehusadon jälkikasvusatoja suurempia syöntimääriä. Kuitupitoisuuden lisääntyminen vähensi sekä ensimmäisen sadon että jälkikasvusadon säilörehun syöntiä. Kuoppalan ym. (2008) mukaan lypsylehmät söivät ensimmäisen sadon säilörehua 0,48 kg päivässä vähemmän, kun D-arvo pieneni 10 g/kg. Sen sijaan Kuoppalan ym. (2005) toisessa tutkimuksessa jälkikasvusäilörehun D-arvon aleneminen ei vähentänyt rehun syöntiä.

Kuoppalan ym. (2010) kokeessa ensimmäisen sadon säilörehua saaneiden lehmien ME:n ja proteiinin saanti olivat suurempia kuin jälkikasvurehua saaneiden lehmien suuremman syönnin vuoksi. Myös Kuoppala ym. (2008) totesivat, että jälkikasvurehua saaneiden eläinten ME:n saanti oli pienempi verrattuna ensimmäiseen säilörehusatoon. ME:n saanti riippui säilörehun ME-pitoisuudesta ja säilörehun kuiva-aineen syöntimäärästä, johon vaikutti D-arvon ohella myös muita tekijöitä. Kuoppalan ym. (2005) ja Kuoppalan ym. (2008) tutkimuksissa jälkikasvurehujen maidontuotantopotentiaali oli huonompi kuin ensimmäisen niiton rehun. Kuoppalan ym. (2005) mukaan ensimmäisen säilörehusadon D-arvon maitotuotosvaste oli suurempi kuin jälkisadon. Tähän saattoi vaikuttaa jälkikasvurehujen selvästi ensimmäistä säilörehusatoa pienempi kuiva-ainepitoisuus. Kuoppala ym. (2010) totesivat, ettei ensimmäisen sadon ja jälkikasvurehun välillä ollut eroa pötsin pH:ssa, ammoniumtypen ja haihtuvien rasvahappojen (VFA) kokonaismäärässä.

2.3.2 Kahden ja kolmen niiton strategian vertailu

Kolmella korjuulla saadaan sulavaa rehua (Sairanen ym. 2012). Steen (1984) ja Hyrkäs ym. (2012) totesivat kolmen niiton strategian tuottavan paremmin sulavaa rehua kuin

kahden niiton korjuustrategian. Sairanen ja Rinne (2014) havaitsivat vastaavasti, että kolmen niiton strategialla saavutettiin paras rehun sulavuus, kun tarkasteltiin koko kasvukautta. Hyrkkään ym. (2014) kokeissa Maaningalla ja Sotkamossa kolmen korjuun strategia tuotti D-arvoltaan 23 g/kg ka sulavamman kokonaissadon kuin kahden niiton strategia. Steenin (1984) tutkimuksessa kolmen niiton säilörehujen keskimääräinen sulavuus oli 74 g/kg ka parempi kuin kahden niiton säilörehujen. Lyhyemmän korjuuvälin ansiosta kolmella korjuulla saavutettiin lisäksi parempi energiapitoisuus, mutta kuiva-ainepitoisuuteen ja typen pitoisuuksiin korjuustrategia vaikutti vain vähän.

Paremmen säilörehun sulavuuden seurauksena lihanautatila saavuttaa kolmen niiton korjuustrategialla parhaan taloudellisen lopputuloksen ja erittäin myöhään korjatun kahden niiton strategialla huonoimman (Huuskonen ja Kotilainen 2012). Kolmen niiton strategian kannattavuus kahden niiton strategiaan verrattuna vaihtelee tutkimuspaikkojen, kasvukauden kasvuolosuhteiden, vuoden ja pellon maaperän mukaan (Hyrkäs ym. 2012). Tavoiteltu D-arvo ja siten myös korjuustrategian valinta riippuvat myös tilan peltopinta-alasta. Kun peltopinta-alaa on runsaasti suhteessa eläinmäärään, on järkevää panostaa korkeaan D-arvoon (Huuskonen ja Kotilainen 2012) ja korjata sato kolme kertaa vuodessa, koska silloin säilörehua saadaan riittävästi ja eläinten tuotos on parempi kuin kahden niiton strategiassa. Kolmen korjuun menetelmä ei sen sijaan ole kannattava, jos peltopinta-alaa on niukasti, koska sato jää liian pieneksi, korjuukustannukset korkeiksi, nurmikasvuston ikä lyhyeksi ja säilörehun kuiva-aineen syönti eläintä kohti on suuri (Flaten ym. 2015).

Steen (1984) havaitsi, että rehun syönti, elopainon lisäys, ruhon osuus elopainosta ja ruhon painon lisäys olivat merkitsevästi suurempia kolmen niiton korjuulla verrattuna kahden niiton korjuuseen. Huuskonen ja Kotilainen (2012) totesivat, että kahden korjuun strategiassa myöhään korjattua säilörehua joudutaankin täydentämään enemmän kalliilla väkirehulla, jotta sonnien kasvutaso ei heikkene. Tällöin taloudellinen kannattavuus laskee rehukustannusten nousun seurauksena. Menetelmien kannattavuus riippuu kuitenkin viljan hintatasosta ja säilörehun tuotantokustannuksesta. Sairasen ym. (2012) mukaan väkirehuprosentin nostaminen parantaa huonosti sulavien säilörehujen tuotantovaikutuksia vain tiettyyn rajaan asti, koska eläinten terveys ei kestä liiallista väkirehun käyttöä. Siksi huonommin sulavilla säilörehuilla ei saavuteta niin suuria tuotostavoitteita kuin paremmin sulavilla rehuilla. Huuskosen ja Kotilaisen (2012) tutkimuksessa matalan sulavuuden

säilörehua kompensoitiin runsaalla väkirehun käytöllä, jolloin ruokinnan tärkkelyspitoisuus nousi suureksi, ja ruokintaa jouduttiin täydentämään leike-kuituseoksella.

2.3.3 Nurmien satotasot eri korjuustrategioissa

Hyrkkään ym. (2016b) kenttäkokeissa kolmansien säilörehusatojen satovaihtelut olivat suuria 790–4130 kg ka/ha. Hyrkkään ym. (2015) kokeessa kuiva-aine jakaantui satojen välillä siten, että ensimmäisen sadon osuus kuiva-aineesta oli 35 %, toisen 35 % ja kolmannen 30 %. Kahden niiton menetelmässä osuudet olivat 50 % ja 50 %. Sairanen ja Hyrkäs (2015) raportoivat sen sijaan, että kahden korjuun menetelmässä ensimmäinen sato on tyypillisesti suurempi kuin jälkisato, koska jälkisato kasvaa hitaammin. Søegaardin ja Eriksenin (2015) tutkimuksessa neljän niiton strategiassa ensimmäisen korjuun myöhästyttäminen kahdella viikolla kasvatti ensimmäisen sadon ka-osuutta 21:sta 43:een prosenttiin ja neljällä viikolla 55:een prosenttiin. Kun ensimmäinen sato korjattiin aikaisin, oli toisen sadon osuus suurin (41 %). Ensimmäisen korjuun viivästyttäminen kahdella ja neljällä viikolla, laski toisen sadon ka-osuuden 24 %:iin ja 21 %:iin.

Pakarisen ym. (2012) ja Sairasen ym. (2012) mukaan ensimmäisen sadonkorjuun myöhästyttäminen nostaa vuoden kokonaiskuiva-ainesatoa. Samalla nousee myös energia-sato, mutta satokauden sulavuus heikkenee (Sairanen ym. 2012). Søegaard ja Eriksen (2015) huomasivat puolestaan, että korjuustrategia ja ensimmäisen niiton korjuuajan-kohta vaikuttivat vain hieman koko kasvukauden ka-satoon neljän niiton strategiassa. Suurin ka-sato saavutettiin, kun ensimmäinen sato korjattiin myöhään ja pienin, kun ensimmäinen korjuu tehtiin aikaisen ja myöhäisen korjuun välissä.

Hyrkkään ym. (2014) tutkimuksessa kolmen korjuun kokonaissato oli 1500 kg ka/ha suurempi kasvukauden aikana verrattuna kahteen korjuukertaan, sillä kolmannen sadon kasvuolosuhteet olivat otolliset hyvälle sadolle. Sen sijaan Hyrkkään ym. (2012) kokeessa kasvuolot kolmannelle sadolle olivat keskimäärin heikkoja. Siksi kolmella korjuukerralla saavutettiin Ruukissa samansuuruiset kokonaiskuiva-aine- ja energiasadot ja Maaningalla huonommat sadot verrattuna kahden niiton strategiaan, jossa ensimmäinen korjuu oli tehty myöhään. Pakarinen ym. (2012) havaitsivat, että kolmen niiton taktiikassa puhtaan timoteikasvuston sato oli keskimääräinen kahden korjuun strategioihin verrattuna, mutta timotei-nurminatakasvuston sato oli heikoin kolmen niiton taktiikalla. Hejdukin (2015)

tutkimuksessa kolmen ja neljän korjuukerran menetelmien välillä ei ollut eroa kolmen korjuuvuoden keskimääräisissä puna-apilasadoissa. Kolmen niiton menetelmän kokonaissato riippuu voimakkaasti kasvukaudesta (Sairanen ym. 2012). Kasvuolosuhteista ja pellosta riippuen kolmen niiton strategia tuottaa jopa yhtä suuren kokonaissadon ME-pitoisuuden kuin myöhästetty kahden niiton taktiikka (Hyrkäs ym. 2012).

2.3.4 Kolmannen säilörehusadon käyttökelpoisuus

Toisen niiton jälkeinen kuivuus, korjuuolojen märkyys ja märkyiden vuoksi maan joutuminen rehun sekaan uhkaavat kolmannen sadon onnistumista (Hyrkäs ym. 2012). Myös loppusyksyn huonot korjuuolosuhteet voivat olla riski kolmannen sadonkorjuun onnistumiselle (Hyrkäs ym. 2016b). Lisäksi kosteat korjuu- ja kasvuolot heikentävät kolmannen niiton säilörehun käytettävyyttä (Sairanen ja Rinne 2014).

Kolmannen korjuun ajankohta kannattaa valita sään perusteella, koska loppusyksyllä sulavuuden lasku on hidasta hitaan säteily- ja lämpösumman kertymisen takia (Hyrkäs ym. 2016a). Hyrkkään ym. (2016b) aineistoissa kolmannen sadon sulavuuden lasku oli loppusyksyllä vain 0,2 g/kg ka vuorokaudessa ja sadon lisäys korjuun aikaan vain 20 kg ka vuorokaudessa. Vertailun vuoksi Hyrkkään ym. (2012) tutkimuksessa toisen sadon D-arvo putosi keskimäärin 2,5 g/kg ka vuorokaudessa ja sato kasvoi 130 kg ka vuorokaudessa korjuun aikaan. Koska loppusyksyllä kolmannen sadon kasvu on hidasta, kolmannen säilörehusadon kuiva-ainesatoa voidaan nostaa tehokkaimmin aikaistamalla toista sadonkorjuuta, ja samalla lisätä kolmannen sadon saamaa lämpösummaa (Hyrkäs ym. 2016b).

Kolmannen niiton ME-pitoisuus on ollut tutkimuksissa usein muita satoja korkeampi (Sairanen ja Juutinen 2013). Hyrkkään ym. (2016b) kenttäkokeissa kolmannen korjuukerran säilörehun sulavuus oli aina yli 680 g/kg ka. Hyrkkään ym. (2012) kokeessa kolmannen niiton NDF-pitoisuus (noin 500 g/kg ka) oli pieni verrattuna ensimmäiseen ja toiseen satoon. Hyrkäs ym. (2016b) havaitsivat, että kolmannessa sadossa korren osuus (NDF-keskiarvo 494 g/kg ka) oli huomattavasti pienempi kuin muissa sadoissa. Huhtanen ym. (2006) ja Kuoppala ym. (2008) totesivat ensimmäisen säilörehun NDF-pitoisuuden olevan suurempi kuin jälkikasvusäilörehujen, vaikka rehujen D-arvot olivat yhtä suuria.

Myös Salon ym. (2014) tutkimuksessa ensimmäisen sadon kuitupitoisuus ja sulavuus olivat samanaikaisesti suuremmat kuin toisen ja kolmannen sadon.

Matalan kuitupitoisuuden ja korkean sulavuuden vuoksi kolmannen sadon ruokinnallisen arvon oletetaan olevan korkea (Sairanen ja Juutinen 2013). Pieni kuitupitoisuus heikentää kuitenkin kolmannen sadon käytettävyyttä. Ruokinnansuunnittelussa kolmannen niiton pientä kuitupitoisuutta voidaan kompensoida tilan menetelmistä riippuen sekoittamalla sitä muihin säilörehusatoihin (Sairanen ja Rinne 2014). Lisäksi pienehkön kuitupitoisuuden (500 g/kg ka) rajoitteita voidaan vähentää suhteuttamalla ruokinnan väkirehuprosentti säilörehun sulavuuden mukaiseksi (Hyrkäs ym. 2012). Sairasen ja Rinteen (2014) mukaan eläinten ruokinnan suunnittelu on helpompaa hyvin sulavia rehuja käytettäessä, koska silloin rehujen analysointi ei ole niin tärkeää, eikä ruokinnansuunnittelu niin riskialtista. Matalan D-arvon rehuja käytettäessä eläinten energian saanti pienenee, koska rehun syönti vähenee ja koska rehu sisältää vähemmän energiaa. Virkajärvi ym. (2015) totesivat, että hyvin sulavaa säilörehua käytettäessä ruokinnan säätely on helpompaa ja turvallisempaa, koska eläin voi kompensoida väkirehutasen vaihtelua lisäämällä säilörehun syöntiään.

3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli verrata ensimmäisen (SR1), toisen (SR2) ja kolmannen (SR3) säilörehusadon tuotantovaikutuksia lihanautojen loppukasvatuksessa. Erityisesti kolmannen säilörehusadon tuotantovaikutukset ja kolmen niiton strategia olivat tutkimuksen kiinnostuksen kohteena. Lisäksi tutkittiin sitä, kuvaavatko rehuanalyysitulokset eläinten tuotantotuloksia. Tavoitteena oli selvittää, miten kolmen niiton korjuustrategia vaikuttaa nurmisadon laatuun. Tämä tutkimus on osa Luonnonvarakeskuksen (Luke) NautaNurmi –hanketta, jonka tavoitteena on parantaa naudanlihantuotannon taloudellisuutta kustannustehokkuuden ja uusien tuotantomallien kautta.

Hypoteesi oli, että kolmas säilörehusato soveltuu hyvin lihanautojen ruokintaan, ja sillä saavutetaan yhtä hyvä syönti ja sonnien kasvutulokset kuin ensimmäisellä säilörehusadolla. Toisen sadon syönnin ja sillä ruokittujen sonnien kasvun oletettiin aiempien tutkimusten perusteella olevan muita satoja pienempiä.

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Koejärjestelyt

Koe toteutettiin Luken Siikajoen toimipisteessä. Koejakso kesti maaliskuun alusta 2016 heinäkuun loppuun 2016. Kokeessa oli mukana 45 simmental-rotuista sonnia, jotka oli hankittu A-Tuottajat Oy:n kautta. Sonnit saapuivat tutkimusnavettaan syystalvella 2015. Koe-eläimet olivat tutkimuksen alkaessa keskimäärin 328 (keskihajonta $\pm 13,9$) vuorokauden ikäisiä ja niiden paino oli keskimäärin 475 (keskihajonta $\pm 36,8$) kg.

Lihanaudat kasvatettiin kokeen aikana viiden eläimen ryhmäkarsinoissa, joiden koko oli 50 m². Puolet karsinasta oli oljella tai turpeella kuivitettua makuu-aluetta ja puolet kiinteää betonilattiapohjaista ruokinta-aluetta. Sonnit arvottiin satunnaisesti karsinoihin ja karsinat jaettiin sattumanvaraisesti koeruokinnolle siten, että jokaisella ruokinnalla oli 15 sonnia. Ennen ruokintakokeen alkamista oli totutusjakso, jonka aikana eläimet totutettiin tutkimusnavetan olosuhteisiin ja ruokintaan. Totutusjakson aikana nurmisäilörehuun perustuvan seosrehun väkirehuprosentti nostettiin vähitellen 45 prosenttiin.

4.2 Rehut ja ruokinta

Koerehut korjattiin kasvukaudella 2015 Siikajoella tutkimusaseman pelloilta. Nurmi oli ensimmäisen vuoden timoteikasvustoa (*Phleum pratense* L. 'Tuure'). D-arvotavoite kaikille sadoille oli noin 700 g/kg ka. SR1:lle levitettiin typpeä 75, fosforia 4 ja kaliumia 40 kg/ha. SR2:lle puolestaan levitettiin typpeä 70, fosforia 0 ja kaliumia 40 kg/ha. SR3:lle annettiin typpeä 22 kg/ha, fosforia 0 ja kaliumia 12 kg/ha. SR1 korjattiin 25.6, SR2 11.8 ja SR3 3.10. Rehut niitettiin hinattavalla niittomurskaimella (Elho HNM 280 P, Oy Elho Ab, Pännäinen, Suomi). Sen jälkeen niitä esikuivattiin vuorokausi (24 tuntia) ja karhotettiin Pöttinger –karhottimella. Rehut pyöröpaalattiin yhdistelmäpaalaimella (McHale Fusion 3, Ballinrobe, Irlanti). Paaliverkkoa Netex S2S (Cordexagri, Portugali) laitettiin kolme kierrosta ja käärintämuovia Duo 7 Plus XL (DUOPLAST AG, Saksa) käärittiin paalin ympärille kuusi kerrosta. Säilöntäaineena käytettyä muurahaishappopohjaista liuosta (AIV Ässä, Eastman Chemical Company, Oulu, Suomi) annosteltiin 5 litraa/tuorerehutonni.

Kokeessa oli kolme erillistä ruokintaryhmää. Koeruokinnat olivat muutoin samat, mutta säilörehusato (SR1, SR2 tai SR3) vaihteli ruokintaryhmien välillä. Säilörehun osuus ruokinnan kuiva-aineesta oli 55 %, litistetyn ohran 43,5 % ja kivennäis-vitamiiniseoksen (Kasvuape E-hiven, A-Rehu Oy, Seinäjoki, Suomi) 1,5 %. Ruokinta toteutettiin vapaana seosrehuruokintana. Seosrehu tehtiin ja jaettiin kerran päivässä seosrehuvaunulla (Solomix 1 ZK, Trioliet BV, Oldenzaal, Alankomaat). Jokaisessa ryhmäkarsinassa oli kaksi ruokintakuppia ja yksi vesikuppi. Seosrehua ja vettä oli vapaasti saatavilla. Päivittäin tehdyt kokonaisapemäärät ja eri komponenttien määrät kirjattiin ylös. Päivittäisten kokonaissyöntien perusteella laskettiin tarvittavat apemäärät karsinoittain, koska pyrittiin mahdollisimman pieneen rehun hävikkiin ja siihen, ettei rehu pääse pilaantumaan.

4.3 Mittaukset

Eläinkohtainen päivittäinen rehunkulutus mitattiin GrowSafe -ruokintajärjestelmällä (malli 4000E; GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Kanada). Eläimet punnittiin Tru-Test vaakalaitteistolla (Tru-Test EziWeigh7, Tru-Test Group, Auckland, Uusi-Seelanti) kokeen alkaessa ja sen jälkeen noin 28 vuorokauden välein sekä kokeen päättyessä ennen teurastusta. Kokeen alussa ja ennen teurastusta eläimet punnittiin kahtena peräkkäisenä päivänä. Näistä peräkkäisistä punnituksista laskettiin elopainojen keskiarvo. Kulloinkin teurastettavat sonnit valittiin teurastukseen elopainon mukaan siten, että tavoiteltu ruhopaino oli 400-410 kg. Teurastus tapahtui Atrian Kauhajoen teurastamolla kaupallisen käytännön mukaisesti. Ensimmäiset sonnit teurastettiin kesäkuun alussa 2016 ja viimeiset heinäkuun lopulla 2016. Punnituksen yhteydessä suoritettiin myös eläinten lihakkuuden ja rasvaisuuden arviointi ultraäänilaitteella (Esaote MyLabOne Vet6, Maastricht, Alankomaat). Eläinten terveydentilaa seurattiin, ja havainnot puhaltumisista ja muista terveysongelmista kirjattiin ylös.

Ruhon laatu määritettiin EUROP-luokituksella ruhojen lihakkuuden ja rasvaisuuden perusteella. Ruhot jaettiin muotojen kehittyneisyyden perusteella SEUROP -järjestelmän mukaisiin lihakkuusluokkiin. P -luokka kuvasi heikkoa lihakkuutta, O melko hyvää, R hyvää, U erittäin hyvää, E erinomaista ja S ylivertaista lihakkuutta. Eläimet jaettiin ulkoisen rasvan paksuuden perusteella rasvaisuusluokkiin 1-5. 1-luokka kuvasi hyvin ohutta rasvaa, 2 ohutta, 3 keskinkertaista, 4 paksua ja 5 hyvin paksua (Euroopan unioni 2013).

4.4 Näytteiden otto ja analysointi

Säilörehuista kerättiin rehupaaleja kairaamalla osanäytteitä noin kerran viikossa, minkä jälkeen niistä koostettiin noin neljän viikon ruokintajaksolta yhteisnäyte. Kokeen aikana rehunäytteistä määritettiin kuiva-ainepitoisuus, jotta ruokinnan väkirehuprosentti voitiin vakioida. Kuiva-ainepitoisuuden määrittystä varten rehunäytteitä kuivattiin lämpökaapissa 105°C:ssa 24 tuntia. Kokeen päätyttyä -20°C:ssa pakastetuista yhteisnäytteistä analysoitiin kuiva-aine, tuhka, rv, NDF, raakarasva, D-arvo, säilörehun säilönnällinen laatu (pH, liukoisien typen ja ammoniumtypen osuudet kokonaistypestä, maito- ja muura-haishapon yhteispitoisuus, VFA ja sokerit). Ohrasta kerättiin osanäytteitä, jotka pakastettiin ja yhdistettiin kahdeksan viikon jaksolta yhteisnäytteeksi. Sen jälkeen näytteistä analysoitiin kuiva-aine, tuhka, NDF, raakarasva ja rv. Säilörehujen käymislaatu määritettiin Valion Seinäjoen laboratoriossa puristenestetitraukseen perustuvalla menetelmällä Moisio ja Heikosen (1989) mukaisesti. Muilta osin säilörehujen ja ohran kemialliset analyysit suoritettiin Luken Jokioisten laboratoriossa.

Tuhka ja orgaaninen aine analysoitiin (AOAC 942.05) tuhkaamalla näytettä 600°C:ssa 2 tuntia. Kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivaamalla 105°C:ssa 20 tuntia. Kemiallista analyysia varten näytteet kuivattiin 105°C:ssa 16 tuntia ja jauhettiin (Sakomylly KT-3100, Koneteollisuus Ltd., Helsinki, Suomi) yhden mm:n seulalla. Säilörehun kuiva-ainepitoisuus korjattiin haihtuvien ainesosien perusteella Huidan ym. (1986) mukaisesti. NDF-pitoisuus analysoitiin Van Soestin (1991) mukaan siten, että säilörehunäytteen analysoinnissa käytettiin natriumsulfiittia ja ohran α -amylaasia. NDF ilmoitettiin ilman tuhkaa. Raakarasva selvitettiin Soxtec -laitteella (AOAC 920.39). Typpipitoisuus analysoitiin Dumasin -menetelmällä (AOAC 968.06), jossa käytettiin Leco FP 428 -typpianalysointilaitetta (Leco Corp, St Joseph, MI, USA). Raakavalkuaispitoisuus laskettiin kertomalla typpipitoisuus luvulla 6,25. Säilörehujen D-arvot selvitettiin Huhtasen ym. (2006) mukaan. Pepsini-sellulaasisulavuudet muutettiin in vivo sulavuudeksi eri korjuukertojen korjausyhtälöiden avulla. Ohran raakakuitupitoisuutena ja sulavuuskertoimina käytettiin Luken (2017) rehutaulukoiden arvoja.

4.5 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Säilörehun ME-pitoisuus laskettiin käyttämällä kaavaa $ME (MJ/kg\ ka) = 0,016 \times D\text{-arvo} (g/kg\ ka)$.

Ohran ME laskettiin kaavalla: $ME (MJ/kg\ ka) = (15,2 \times srv + 34,2 \times srr + 12,8 \times srk + 15,9 \times stua)/1000$, jossa

srv = sulava raakavalkuainen (g/kg ka), srr = sulava raakarasva (g/kg ka), srk = sulava raakakuitu (g/kg ka), $stua$ = sulavat typettömät uuteaineet (g/kg ka) (Luke 2017).

Valkuaisarvot eli ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (OIV) ja pötsin valkuaistase (PVT) laskettiin Luken (2017) laskentamallien mukaan:

$$OIV = OIV_{mv} + OIV_{ov}$$

$$PVT = hv - mv$$

$$OIV_{mv} = ahmv \times smv \times mv$$

$$OIV_{ov} = sov \times ov$$

$$mv = 152 \times (D\text{-arvo} - ov)/1000$$

$$hv = hvo \times rv,$$

$$ov = rv - hv = (1 - hvo) \times rv, \text{ jossa:}$$

OIV = (g/kg ka), PVT = pötsin valkuaistase (g/kg ka), mv = mikrobivalkuaisen tuotanto (g/kg ka), hv = hajoava valkuainen (g/kg ka), ov = ohitusvalkuainen (g/kg ka), OIV_{mv} = ohutsuolesta imeytyvä mikrobivalkuainen, OIV_{ov} = ohutsuolesta imeytyvä ohitusvalkuainen, $D\text{-arvo}$ = rehun sulava orgaaninen aine (g/kg ka), hvo = hajoavan valkuaisen osuus, rv = (g/kg ka), $ahmv$ = aminohappojen osuus mikrobivalkuaisesta (vakion arvo 0,75), smv = mikrobivalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,85), sov = ohitusvalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,82)

Säilörehun syönti-indeksi laskettiin Huhtasen ym. (2007) mukaisesti:

$$\begin{aligned} \text{Säilörehun syönti-indeksi} = & 100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0.017 - (hapot - 80) \times 0.0128 \\ & + (0.0198 \times (ka - 250) - 0.00002364 \times (ka^2 - 250^2)) - 0.44 \times \text{jälkisatosäilörehun osuus} + \\ & 4.13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2.58 \times \text{palkokasvien osuus}^2 + 5.90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - \\ & 6.14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2 - 0.0023 \times (\text{kuitu} - 550)], \end{aligned}$$

jossa jälkisato-, palkokasvi- ja kokoviljasäilörehujen osuus vaihtelee välillä 0-1, D-arvo (g/kg ka), hapot = maitohappo + VFA (g/kg ka), ka (g/kg) ja kuitu = säilörehun kuitupitoisuus (g/kg ka).

Eläinten ravintoaineiden saanti kullakin koeruokinnalla laskettiin syöntimäärien ja rehujen analyysitulosten perusteella siten, että syötyjen rehujen kuiva-ainepitoisuudet kerrottiin rehujen ravintoainepitoisuuksilla. Eläinten päiväkasvut ja nettokasvut määritettiin punnitustulosten ja kasvupäivien perusteella. Päiväkasvu laskettiin vähentämällä sonnien loppupainosta alkupaino ja jakamalla tämä erotus kasvatuspäivillä. Nettokasvu laskettiin vähentämällä teuraspainosta kokeen alun ruhopaino ($0,52 \times$ elopaino kokeen alussa) ja jakamalla tämä erotus kasvatuspäivillä. Rehujen kuiva-aineen, energian ja valkuaisen hyväksikäyttö määritettiin vertaamalla eläinten päivittäisiä ravintoaineiden kulutuksia ja kasvutuloksia toisiinsa.

Tilastollinen analyysi toteutettiin SAS GLM Proceduurilla (versio 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Tulokset analysoitiin varianssianalyysillä. Säilörehusatojen keskiarvojen väliset erot selvitettiin Tukeyn -testillä. Merkitsevyystasona käytettiin $<0,05$. Kokeessa oli yksi rotu simmental ja 3 karsinaa/ruokinta.

5 Tulokset

5.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvo

5.1.1 Säilörehu ja ohra

Säilörehun kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat korjuukertojen välillä 222–326 g/kg ka (taulukko 2). SR1 oli noin 10 prosenttiyksikköä muita satoja kosteampaa. Rehujen D-arvot vaihtelivat välillä 685–740 g/kg ka ja syönti-indeksit välillä 99–115. SR2:n sulavuus ja ME-pitoisuus olivat huonoimmat ja SR1:n syönti-indeksi huonoin.

SR3:n rv-pitoisuus (186 g/kg ka), sokeripitoisuus (148 g/kg ka), PVT (49 g/kg ka), D-arvo (740 g/kg ka), syönti-indeksi (115) ja ME-pitoisuus (11,8 MJ/kg ka) olivat huomattavasti aiempia niittoja suurempia, ja kuitupitoisuus pienempi (446 g/kg ka) kuin muissa säilörehusadoissa. Sen sijaan SR1:n kuitupitoisuus oli muita satoja korkeampi.

SR2:ssa ja SR3:ssa oli ensimmäistä satoa enemmän sokereita. SR1:n kokonaishappopitoisuus, liukoisen typen ja ammoniumtypen pitoisuus, maito- ja muurahaishapon yhteispitoisuus sekä VFA-pitoisuudet olivat muita satoja korkeampia. SR3:n pH oli muita satoja korkeampi. Ohran ME-pitoisuus oli 12,9 MJ/kg ka.

Taulukko 2. Koerehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot, g/kg kuiva-ainetta, jos ei muuta mainittu

	Säilörehu 1. niitto	Säilörehu 2. niitto	Säilörehu 3. niitto	Ohra
Näytemäärä	5	5	5	3
Kuiva-aine, (g/kg)	222	326	314	872
Orgaaninen aine	945	932	917	971
Raakavalkuainen	152	147	186	115
Neutraalidetertenttikuitu	592	533	446	211
Raakarasva	35	34	37	22
Muuntokelpoinen energia, (MJ/kg ka)	11,2	11,0	11,8	12,9
OIV	85	82	92	95
PVT	26	24	49	-27
D-arvo	701	685	740	
Säilörehun syönti-indeksi	99	105	115	
Säilörehun säilönnällinen laatu				
pH	3,90	4,26	4,56	
Haihtuvat rasvahapot	15	8	8	
Maito- ja muurahaishappo	49	37	32	
Sokerit	65	115	148	
Kokonaistypestä, (g/kg)				
Ammoniumtyppi	66	56	53	
Liukoinen typpi	543	485	427	

OIV = ohutsuolesta imeytyvät aminohapot

PVT = pötsin valkuaisase

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen määrä kuiva-aineessa (g/kg ka)

5.1.2 Seosrehu

Taulukossa 3 on esitetty analysoitujen rehutietojen pohjalta lasketut seosrehujen kemialliset koostumukset ja rehuarvot. Toisen ja kolmannen niiton säilörehua sisältäneiden seosten (SR2- ja SR3-seosrehut) kuiva-ainepitoisuus oli suuri. SR1-seos oli noin 10 % märempi kuin SR2- ja SR3-seokset. SR2-seosrehun ME-pitoisuus (11,8 MJ kg/ka) oli muita seoksia pienempi, kun taas SR3-seosrehun ME-pitoisuus (12,3 MJ kg/ka) oli suurempi kuin muissa seoksissa. SR3-seosrehun rv-pitoisuus (154 g/kg ka) oli muita seoksia (132–135 g/kg ka) suurempi. SR1-seoksessa säilörehun kuidun osuus oli 11% suurempi kuin SR2-seoksessa ja 33% suurempi kuin SR3-seoksessa.

Taulukko 3. Seosrehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot g/kg kuiva-aineessa, jos ei muuta mainittu.

	SR1	SR2	SR3
Kuiva-aine, (g/kg)	334	453	441
Orgaaninen aine	958	949	940
Raakavalkuainen	135	132	154
Neutraalidetergenttikuitu	420	388	340
Säilörehun kuidun osuus	326	293	245
Raakarasva	29	29	30
Muuntokelpoinen energia, (MJ/kg ka)	12	11,8	12,3
OIV	90	88	93
PVT	2	1	15

SR1 = ensimmäisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR2 = toisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR3 = kolmannen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

OIV = ohutsuolesta imeytyvät aminohapot

PVT = pötsin valkuaistase

5.2 Sonnien tuotantotulokset

5.2.1 Syönti ja ravintoaineiden saanti

Koe kesti keskimäärin 128 vuorokautta ja eläinten teurasikä oli keskimäärin 456 vuorokautta (taulukko 4). SR1:n ja SR3:n kuiva-aineen syönti vuorokaudessa ja syönti metabolista elopainokiloa kohti olivat suuremmat kuin SR2:n ($P<0,05$). SR1- ja SR3-ruokintojen kuiva-aineen syönti oli noin 11 prosenttia suurempi kuin SR2-ruokinnan. Siten SR2-ruokinnassa sonnit söivät säilörehua 0,6–0,7 kg/pv ja ohraa 0,5 kg/pv vähemmän kuin muiden ruokintojen sonnit. SR1- ja SR3-ruokintojen ka-syönti metabolista elopainokiloa kohti oli 8,6 ja 10,1 %:a suurempi kuin SR2-ruokinnan ($P=0,01$). SR1-ruokinnan ME:n saanti oli 12 prosenttia suurempi kuin SR2-ruokinnan ja SR3-ruokinnan 15 prosenttia suurempi ($P<0,001$). SR2:sta saaneiden sonnien OIV:n saanti vuorokaudessa oli (13,0–15,6 %) pienempi kuin muiden ruokintojen ($P<0,001$). SR3-ruokinnan sonnit saivat rv:ta enemmän kuin muiden ruokintojen sonnit ja SR1-ruokinnan sonnit enemmän kuin SR2-ruokinnan ($P<0,001$). SR1-ruokinnassa NDF:n saanti oli suurempi kuin muissa ruokintoissa ($P<0,001$).

Taulukko 4. Sonnien rehun syönti ja ravintoaineiden saanti

	Ruokinta			SEM	P-arvo
	SR1	SR2	SR3		
Koe-eläinten lukumäärä, (kpl)	15	15	15		
Kokeen kesto, (vrk)	124 ^a	131 ^b	128 ^{ab}	3,3	0,04
Elopaino kokeen alussa, (kg)	482	470	472	9,7	0,64
Elopaino kokeen lopussa, (kg)	731	721	738	5,9	0,10
Teurasikä, (vrk)	449 ^a	463 ^b	457 ^{ab}	5	0,051
Syönti, kg kuiva-ainetta (ka/vrk)	11,5 ^a	10,4 ^b	11,6 ^a	0,299	0,006
Ka-syönti, (g/kg metabolinen elopaino-kg)	93,5 ^a	86,1 ^b	94,8 ^a	2,23	0,01
Muuntokelpoinen energia, (MJ/vrk)	138 ^a	123 ^b	142 ^a	3,6	<0,001
OIV, (g/vrk)	1032 ^a	913 ^b	1082 ^a	26,8	<0,001
Raakavalkuainen, (g/vrk)	1586 ^a	1363 ^b	1794 ^c	41,8	<0,001
Neutraalidetergentti kuitu, (g/vrk)	4715 ^a	3999 ^b	3936 ^b	119,8	<0,001

SR1 = ensimmäisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR2 = toisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR3 = kolmannen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SEM = keskiarvon keskivirhe.

Ka-syönti = kuiva-ainesyönti

OIV = ohutsuolesta imeytyvät aminohapot

Ruokintojen väliset erot on testattu Tukeyn testillä. Eri kirjain yläindeksissä kertoo, että kyseiset käsittelyt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$).

5.2.2 Kasvu, rehun hyväksikäyttö, teurastulokset ja sonnien terveydentila

SR1:sta ja SR3:sta saaneiden sonnien päivä- ($P=0,005$) ja nettokasvut ($P=0,01$) olivat noin 11–12 prosenttia suurempia kuin SR2:sta saaneiden sonnien (taulukko 5). SR1- ja SR3-ruokinnoissa sonnien kasvut olivat yhtä suuria. SR3:lla ruokittujen sonnien rv:n hyväksikäyttö päivä- ($P=0,001$) ja nettokasvuun ($P=0,006$) olivat huonompia kuin muiden ruokintojen. Kuiva-aineen ja energian hyväksikäytössä ei havaittu eroa ruokintojen välillä.

Sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 406 kg, rasvaisuuspisteet 2,3 ja lihakkuusluokka U-. Teuraspainossa, teurasprosentissa ja ruhon laatuominaisuuksissa eli lihakkuudessa ja rasvaisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ruokintojen välillä. SR1:sta saaneiden sonnien lihakkuusluokka oli suuntaa-antavasti (8,5 %) pienempi kuin SR3-ruokinnan sonnien, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($P=0,054$). SR2-ruokinnan sonnit olivat teurastettaessa kuitenkin hieman vanhempia kuin SR1-ruokinnan sonnit.

Taulukko 5. Sonniien kasvu, rehun hyväksikäyttö ja teurastulokset koeruokkinnoilla

	Ruokinta			SEM	P-arvo
	SR1	SR2	SR3		
Päiväkasvu, (g/vrk)	2097 ^a	1883 ^b	2082 ^a	52,5	0,005
Nettokasvu, (g/vrk)	1299 ^a	1169 ^b	1304 ^a	36,2	0,01
Rehun hyväksikäyttö					
kg ka/päiväkasvu-kg	5,47	5,51	5,56	0,189	0,94
kg ka/nettokasvu-kg	8,83	8,88	8,87	0,334	0,96
MJ/päiväkasvu-kg	65,8	65,3	68,2	2,26	0,54
MJ/nettokasvu-kg	106,2	105,2	108,9	3,98	0,71
g RV/päiväkasvu-kg	756 ^a	724 ^a	862 ^b	25,3	0,001
g RV/nettokasvu-kg	1221 ^a	1166 ^a	1376 ^b	44,5	0,006
Ruhon laatu					
Teuraspaino, (kg)	406	400	413	4,7	0,15
Teurasprosentti, (g/kg)	554	559	556	3,4	0,4
Lihakkuus, EUROP (9=R+, 10=U-, 11=U)	9,7	10,4	10,6	0,26	0,054
Rasvaisuus, EUROP	2,4	2,2	2,3	0,12	0,51

SR1 = ensimmäisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR2 = toisen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SR3 = kolmannen niiton säilörehu (550 g/kg ka) + litistetty ohra (435 g/kg ka) + kivennäis-vitamiiniseos (15 g/kg ka)

SEM = keskiarvon keskivirhe.

Ruokintojen väliset erot on testattu Tukeyn testillä. Eri kirjain yläindeksissä kertoo, että kyseiset käsittelyt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$).

Koeruokintojen välillä ei ollut eroa sonniien terveydentilassa ja hyvinvoinnissa kokeen aikana. Ainoastaan koeasemalle siirto- ja totutusvaiheessa havaittiin stressistä johtuvia ongelmia, kuten ripulia ja yskää. Siirtovaihetta hankaloitti se, että osa sonneista tuli tutkimusnavettaan ilmeisesti suoraan emon alta, joten ne eivät olleet täysin tottuneita kiinteään rehuun.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Rehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvo

6.1.1 Kuitu ja valkuainen

SR1- ja SR2-rehuissa oli runsaasti kuitua (592 ja 533 g/kg ka), mutta SR3-rehun kuitupitoisuus 446 g/kg ka oli matala. Myös tilastojen mukaan NDF-pitoisuudet pienenevät korjuukertojen edetessä (Salo ym. 2014, Nyholm 2017, Nyholm 2018). SR1-rehussa oli

kuitua suhteessa D-arvoon runsaasti. Van Soestin (1994) mukaan ensimmäisen säilörehusadon suuri kuitupitoisuus muihin satoihin nähden johtuu kevään kasvuoloista. Valon ja lämpötilan lisääntyminen päivä päivältä saa aikaan korkean kuitupitoisuuden. Sen sijaan toisen sadon säilörehun ligniini- ja selluloosapitoisuudet jäävät matalammiksi kuin ensimmäisen sadon, koska toisen sadon kasvaessa valon määrä alkaa vähentyä samalla, kun vuorokauden keskilämpötila jatkaa kasvuaan. Kolmannen sadon kuitupitoisuus on tyypillisesti muita satoja matalampi (Taulukko 1), koska Thorvaldssonin ym. (2007) mukaan nurmen kasvunaikainen matala lämpötila pienentää kuitupitoisuutta. Tästä syystä syksyllä lignifikaatio ja soluseinämän osuus vähenevät sekä solun sisällysaineiden osuus kasvaa (Van Soest 1994). Säilörehujen kuitupitoisuuksien mukaisesti SR1- ja SR2-seoksissa oli runsaasti karkearehun kuitua (326 ja 293 g/kg ka), mutta SR3-seoksessa karkearehun kuidun osuus oli pienempi (245 g/kg ka) kuin muissa seoksissa. Huuskosen ym. (2014) tutkimuksessa sonnien karkearehun kuidun alaraja oli 180 g/kg ka.

Koeruokintojen PVT -pitoisuudet (1–15 g/kg ka) olivat riittävät lihanautojen tarpeisiin, koska lihanautojen pötsin mikrobivalkuaissynteesi alkaa heikentyä, kun ruokinnan PVT on alle -10 g/syöty kuiva-ainekilo. Yli 200 kg painaville lihanaudoille ei ole Suomessa käytössä OIV suosituksia, koska eläinten valkuaisen tarpeen oletetaan täyttyvän pötsin mikrobivalkuaisesta ja rehujen ohitusvalkuaisesta (Luke 2015).

6.1.2 Sulavuus

Kaikkien korjuukertojen D-arvot olivat vertailuaineistoa (Taulukko 1) selkeästi korkeampia. Korjuuajankohta selittää koerehujen toisistaan poikkeavat sulavuudet, koska rehun sulavuus määrittyy pääosin nurmen korjuuhetken kasvuasteen ja lehti-korsi-suhteen perusteella (McDonald ym. 1991). Sekä tässä tutkimuksessa että säilörehutilastoissa (Salo ym. 2014, Nyholm 2017, Nyholm 2018) toisen niiton säilörehun D-arvo oli huonompi kuin muiden satojen. Van Soestin (1994) mukaan toisen korjuukerran säilörehun sulavuus on pienempi kuin ensimmäisen korjuun, vaikka kasvustojen kasvuaste ja kronologinen ikä olisivat vastaavat, koska toisen sadon kasvunaikainen korkea lämpötila edistää kasvin vanhenemista ja lignifikaatiota. Toisen säilörehusadon ravitsemuksellinen arvo heikkenee siten aikaisemmalla kasvuasteella verrattuna ensimmäiseen korjuukertaan.

Kolmannen niiton rv-pitoisuus, sokeripitoisuus ja D-arvo arvo olivat korkeita, NDF-pitoisuus matala sekä syönti-indeksi korkea verrattuna yleisiin kolmannen sadon pitoisuuksiin (taulukko 1) ja muihin tämän kokeen niittoihin. Korhosen (2018) mukaan kolmannen korjuukerran säilörehun korkea D-arvo voi johtua suuresta lehtien osuudesta, koska lehtien ligniinipitoisuus on pienempi kuin korren (Morrison 1980). Lisäksi nurmen kasvun aikainen matala lämpötila hidastaa sulavuuden laskua (Thorvaldsson ym. 2007), ja kolmannen sadon sulavuus voi jopa parantua nurmen vanhetessa, koska kolmannen sadon kehitysrytmi ei aina ole suoraviivaista (Van Soest 1994).

Tulokset viittaavat siihen, että kolmas säilörehusato oli korjuuhetkellä nuorta. Toisen sadon myöhäisen korjuuajankohdan (11.8.) vuoksi kolmas sato ei ehtinyt vanhentua tavoiteltuun sulavuuteen. Toisen sadon korjuun viivästyminen taas johtui siitä, että viileän ja sateisen alkukesän takia kasvukausi oli koko Suomessa useamman viikon tavanomaista aikataulua jäljessä (Popov 2015). Siikajoella toukokuu 2015 oli 1,9 astetta sekä kesä- ja heinäkuu 2015 1,7 astetta kylmemmät kuin vuosien 1981-2010 keskiarvo. Sen sijaan elo- ja syyskuu olivat 1,4 ja 2,3 astetta pitkäaikaista keskiarvoa lämpimämpiä (Kokkonen ym. 2014, Ilmatieteen laitos 2015). Tästä syystä kasvukausi 2015 ei ollut optimaalinen kolmelle korjuukerralle Siikajoella.

6.1.3 Käymislaatu

SR1:n kuiva-ainepitoisuus oli muita säilörehusatoja pienempi ongelmallisten korjuuolosuhteiden vuoksi. Siten myös SR1-seos oli muita seoksia märempää. Käytännössä SR1 vastasi kuiva-ainepitoisuudeltaan tuoretta nurmikasvustoa, koska Moision ja Heikosen (1992) mukaan tuoreen nurmikasvuston kuiva-ainepitoisuus on noin 22 %. Jälkisatojen esikuivatus onnistui tavoitellusti.

Moision ja Heikosen (1992) mukaan säilörehu on hyvin todennäköisesti säilynyt hyvin, jos sen pH on alle 4 ja McDonaldin ym. (2011) mukaan hyvin säilyneen säilörehun pH on yleensä välillä 3,7–4,2. Rehun tavoiteltu pH riippuu myös rehun kuiva-ainepitoisuudesta. Mitä kuivempaa säilörehu on sitä korkeampi rehun pH voi olla, koska korkea kuiva-ainepitoisuus hillitsee vahingollisten mikrobien kasvua ja käymistä. Tyypillisesti kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa nousee myös rehun pH. Säilörehun kuiva-ainepitoisuuden ollessa 30 g/kg, on optimi pH alle 4,3 ja kuiva-ainepitoisuuden ollessa 22 g/kg alle

4,00 (Moisio ja Heikonen 1992). SR1:n ja SR2:n pH sijoittui kuiva-ainepitoisuuteen suhteutettuna tavoitealueelle, mutta SR3:n pH oli tavoitetta korkeampi. Kolmannen niiton muita satoja korkeampi pH selittyy korkealla rv-pitoisuudella, koska McDonaldin ym. (1991) mukaan valkuaispitoisuus lisää rehun puskurikapasiteettia 10–20 %. Säilöntäaineen annostelu tai käymishappojen ja ammoniakkin pitoisuudet eivät selitä korkeampaa pH:ta.

Hyvälaatuisessa säilörehussa maitohappoa tulisi olla 30–80 g/kg ka. Mitä kuivempaa rehua ja mitä korkeampi rehun pH on, sitä matalampi on optimaalisen maitohappopitoisuuden raja. Etikkahappoa ja haihtuvia rasvahappoja tulisi olla rehussa mahdollisimman vähän, ja sokeria vähintään 40 g/kg ka (Moisio ja Heikonen 1992). Ammoniumtypen osuus on yleensä alle 100 g/kg kokonaistyyppiä (McDonald ym. 2011). Korkeasta SR3:n pH:sta huolimatta vain ammoniumtyyppi oli hieman koholla, joten rehun voi todeta olevan hyvin säilynyttä.

Korkean maitohappopitoisuuden ja matalan sokeripitoisuuden perusteella SR1:ssa oli muita satoja enemmän maitohappokäymistä. Lisäksi siinä oli enemmän virheikäymistä kuin muissa sadoissa, koska SR1:n matalasta pH:sta huolimatta haihtuvien rasvahappojen, liukoisen typen ja ammoniumtypen pitoisuudet olivat koholla ja suurempia kuin muissa sadoissa. Todennäköisesti runsaampi käyminen johtui muita satoja matalammasta kuiva-ainepitoisuudesta, koska McDonaldin ym. (2011) mukaan esikuivattaminen ja kuiva-ainepitoisuuden kasvattaminen rajoittavat säilörehun käymistä. Runsaammasta käymisestä huolimatta SR1 oli hyvin säilynyttä. Kaikkien koerehujen säilönnällinen laatu oli siten hyvä.

6.2 Sonnien tuotantotulokset

6.2.1 Syönti ja ravintoaineiden saanti

Erot säilörehujen syönti-indekseissä johtuivat säilörehujen toisistaan poikkeavista kuiva-ainepitoisuuksista, D-arvoista, korjuukerroista ja kokonaishappopitoisuuksista. SR1:n syönti-indeksiä laski muita satoja suurempi käymishappojen, ammonium typen ja liukoisen typen pitoisuudet sekä suurempi NDF-pitoisuus ja pienempi kuiva-ainepitoisuus. Säilörehun käymislaadun heikentyminen vähentää syöntiä (Huhtanen ym. 2007), sillä dieetin

haihtuvien rasvahappojen määrällä (Huuskonen ym. 2013), runsaalla käymishappopitoisuudella ja suurella ammoniumpitoisuudella on negatiivinen yhteys syöntiin (McDonald ym. 2011). Myös dieetin ja säilörehun NDF-pitoisuuden lisääntyminen vähentävät syöntiä (Huhtanen ym. 2007, Huuskonen ym. 2013). Vastaavasti SR2:n syönti-indeksiä laskien D-arvo ja SR3:sta hieman korkeammat happopitoisuudet. SR3:n syönnin oletettiin olevan selvästi suurinta, koska sen sulavuus oli huomattavasti parempi ja kokonaishappopitoisuus pienempi verrattuna muihin koerehuihin.

Huuskosen ym. (2013) mukaan yhden säilörehun syönti-indeksipisteen vaikutus rehun syöntiin on kasvavilla lihanaudoilla 0,040 kg ka/pv säilörehua ja Huhtasen ym. (2007) mukaan lypsylehmillä 0,1 kg ka/pv. Tästä syystä SR3:n syönti olisi ollut syönti-indeksin perusteella laskennallisesti 0,64 kg ka/pv tai 1,6 kg ka/pv suurempi kuin SR1:n ja SR2:n syönti 0,24 kg ka/pv tai 0,6 kg ka/pv suurempi kuin SR1:n. Todellisuudessa toisen ja kolmannen niiton syönnit olivat ensimmäiseen satoon verrattuna pienempiä kuin syönti-indeksin pohjalta oli odotettavissa. Hypoteesin mukaisesti SR1:n ja SR3:n syönnit olivat yhtä suuria sekä SR2:n syönti pienempi kuin muiden säilörehujen. Säilörehusatojen vaikutus on otettu huomioon syönti-indeksissä, koska Huhtanen ym. (2007) havaitsivat, että ensimmäisen sadon säilörehua syödään enemmän kuin jälkikasvun säilörehuja, vaikka rehujen koostumus olisi samanlainen. Huuskosen ym. (2018) kokeessa toisen niiton säilörehun syönti oli pienempi kuin ensimmäisen niiton. Vastaavasti Sairasen ja Juutisen (2013) tutkimuksessa kolmannen sadon syönti ei ollut suurempi kuin muiden satojen, vaikka sen energiapitoisuus ja sulavuus olivat korkeita muihin satoihin verrattuna. Samoin maidontuotantokokeessa lehmät söivät kolmatta niittoa 0,4 kg ka/pv vähemmän kuin toista niittoa, vaikka D-arvon (687 ja 650 g/kg ka), syönti-indeksin (95,3 ja 90,6), ammoniumtyppipitoisuuden (58 ja 104 g/kg N) ja NDF-pitoisuuden (531 ja 503 g/kg ka) perusteella lehmien olisi pitänyt syödä sitä enemmän (Nikander 2018). Sen sijaan Huhtasen ym. (2001) kokeessa lehmät söivät 1,77 kg/pv enemmän kolmatta säilörehusatoa kuin toista satoa, ja eläinten energian saanti oli suurempi kolmannella niitolla. Syönti-indeksi selitti suuremmasta syönnistä vain 0,6 kg/pv.

SR2- ja SR3-seosrehujen kuiva-ainepitoisuus oli suuri, mistä aiheutuu riski seoksen lajitumiselle ja syönnin rajoittumiselle. SR1-seos oli puolestaan optimaalista märepää, mikä laskee syöntiä, sillä Huhtasen ym. (2007) mukaan säilörehun kuiva-ainepitoisuuden kasvu nostaa säilörehun syöntiä aina 420 g/kg ka asti. Seosrehun märkyys ja dieetin matala kuiva-ainepitoisuus vähentävät kuiva-aineen syöntiä (Lahr ym. 1983, Fellon ym.

2010), koska märkä rehu täyttää enemmän kuin kuiva rehu (Miller-Cushon ja DeVries 2009). Lisäksi Jacksonin ja Forbesin (1970) mukaan säilörehun esikuivaus nostaa sulavan orgaanisen aineen syöntiä.

Päivittäisten syöntimäärien vaihtelua saattoi aiheuttaa kesällä ilman lämpötila ja ruokintakuppien vähäinen määrä karsinaa kohti. Eläimet saattoivat varastaa pieniä määriä rehua toisiltaan, jolloin syönti on mahdollisesti joissakin tapauksissa voinut kirjautua väärälle eläimelle. Se ei kuitenkaan vääristä koeruokintojen välisiä eroja. Lisäksi ruokintakuppien täyttäminen liian täyteen on voinut aiheuttaa kirjaamatonta syöntiä. SR3-seoksen maittavuutta erityisesti kesäkuukausina on voinut heikentää se, että SR3-seos tehtiin tavallisesti joka toinen päivä, kun muut seokset valmistettiin päivittäin.

Jälkikasvurehujen mahdollisesti heikko mikrobiologinen laatu (Kuoppala ym. 2008) ja syysnurmen epävakaa mikrobikasvusto voivat vähentää niiden syöntiä (Sairanen ym. 2016). Jälkikasvurehuissa voi myös olla kasvitauteja (Rinne 2000, Sairanen ym. 2016). Laatuongelmat johtuvat syksyn vaihtelevista sääoloista, kosteammista ja lämpimämmistä kasvuolosuhteista sekä siitä, että jälkikasvurehuissa kuolleen lehtipinta-alan osuus lisääntyy niiden vanhetessa (Kuoppala ym. 2008, Sairanen ym. 2016). Huuskonen ym. (2018) pohtivat toisen niiton vähentyneen syönnin syiksi huonompaa mikrobiologista laatua ja heikentynyttä maittavuutta. Kolmannen sadon myöhäinen korjuuajankohta (3.10.) on voinut lisätä kuolleen kasvimateriaalin osuutta kasvustossa. Hyrkkään ym. (2016a) mukaan kuollutta kasvimateriaalia on toisinaan runsaasti kolmannessa sadossa, vaikka rehun sulavuus olisi hyvä. Kolmannen korjuukerran säilörehun aiempia niittoja pienempi syönti voi myös johtua heikommasta maittavuudesta tai sitä, että kolmannen sadon syöntikapasiteetin säätely poikkeaa muista niitoista matalan kuitupitoisuuden vuoksi (Sairanen ja Juutinen 2013).

Kolmen korjuukerran strategia lisää riskiä sille, että kolmas sato korjataan epävakaisissa olosuhteissa, mikä edistää mahdollisesti hometoksiinien kasvua (Huuskonen ja Pesonen 2018). Hometoksiinit ovat sienten tuottamia yhdisteitä, jotka voivat vahingoittaa kasvia kasvukauden aikana. Nämä ravitsemukseen kuulumattomat yhdisteet mm. vähentävät syöntiä, heikentävät ravintoaineiden hyväksikäyttöä (D'Mello 2000), aiheuttavat useita sairauksia (McDonald ym. 2011) ja pienentävät maitotuotosta (Fink-Gremmels 2008).

O'Brien ym. (2008) ja Müller ym. (2011) löysivät säilöheinästä ja säilörehuista sieniä, joilla on kyky tuottaa mykotoksiineja. Huuskonen ym. (2018) eivät löytäneet ensimmäisen niiton säilörehusta hometoksiineja, mutta toisen niiton rehuissa niitä oli vähäisiä määriä. Kuudesta näytteestä kahdessa oli mykofenolihappoa ja roquefortinia, neljässä zearalenonia sekä yhdessä HT-2:ta. HT-2:n pitoisuus oli $<110 \mu\text{g/kg}$ ja muiden toksiinien $<50 \mu\text{g/kg}$. Zearalenonin ohjearvopitoisuus rehussa, jonka kosteus on 12 %, on $0,5 \text{ mg/kg}$ rehussa, okratoksiinin ja fumonosiinien 50 mg/kg (Komission suositus 2006), sekä alfatoksiini B1:n enimmäispitoisuus $0,005 \text{ mg/kg}$ (Komission direktiivi 2003).

Tämän kokeen säilörehuista analysoitiin jälkeinpäin mykotoksiineja. SR1:ssa ei ollut toksineja. Kolmannen sadon viidestä näytteestä yhdessä oli roquefortinia ja yhdessä zearalenonia. Toisen sadon viidestä näytteestä kolmessa oli zearalenonia, kahdessa mykofenolihappoa ja roquefortinia sekä yhdessä HT-2:sta (Arto Huuskonen, Luke, sähköpostiviesti kirjoittajalle 24.2.2019). Mykotoksiinit eivät täysin selittäneet koerehujen syöntiä, koska kolmannen säilörehusadon mykotoksiinipitoisuuden olisi pitänyt olla suurin, koska sen syönti poikkesi eniten syönti-indeksistä. Myös Yiannikouris ja Jouany (2002) totesivat, että mykotoksiinien vaikutuksista on ristiriitaisia tuloksia, koska rehuissa on tyypillisesti samanaikaisesti useita homeita, jotka kykenevät tuottamaan useita erilaisia toksineja. Toksiineilla voi olla yhdysvaikutuksia, jotka voivat olla voimakkaampia kuin yksittäisten toksiinien vaikutukset (Celi ym. 2013). Lisäksi pötsin kyky tuhota toksineja riippuu dieetin koostumuksesta (Yiannikouris ja Jouany 2002). Huuskosen ym. (2018) tutkimuksessa ei kyetty selvittämään sitä, olivatko mykotoksiinit eniten syötiin vaikuttava tekijä.

Rehujen analyysitulokset eivät oletettavasti selitä kaikkia säilörehujen ominaisuuksia, kuten maittavuutta. Tässä kokeessa kolmannen säilörehusadon D-arvo on voinut olla yliarvioitu, koska sonnit eivät syöneet kolmatta niittoa enemmän kuin ensimmäistä niittoa, vaikka kolmannen sadon D-arvo ja syönti-indeksi olivat huomattavasti paremmat. Myös maidontuotantokokeiden perusteella kolmannen niiton rehuanalyysien mukainen D-arvo ja rehunäytetulokset voivat olla yliarvioituja (Sairanen ym. 2016, Nikander 2018). Nikanderin (2018) mukaan kolmannen sadon odotettua pienempää syöntiä selitti märkä rehu (ka 177 g/kg) ja matalaan kuiva-ainepitoisuuteen liittyvä tuntematon tekijä.

Syönnin väheneminen vähentää myös eläimen saamien ravintoaineiden määrää. Tämän kokeen ravintoaineiden saanti selittyi syöntimäärillä ja koerehujen ravintoainepitoisuuksilla. Huhtanen ym. (2007) totesivat, että NDF:n saanti pienenee, kun säilörehun D-arvo kasvaa. Kuitenkin tässä tutkimuksessa NDF:n saanti oli selvästi suurinta SR1-rehua sisältäneessä ruokinnassa, vaikka SR1-rehun D-arvo oli 16 g/kg ka korkeampi kuin SR2-rehun.

6.2.2 Kasvu, rehun hyväksikäyttö, teurastulokset ja sonnien terveydentila

Sonnien teuraspaino oli samansuuruinen kuin Huuskosen ym. (2012b) aineistossa, jossa suomalaisten simmental-sonnien keskimääräinen teuraspaino oli 402 kg. Honkavaaran (2005) tutkimuksessa teurastettujen maitorotuisten sonnien elopaino oli keskimäärin 623 kg ja teuraspaino 339 kg. Huuskosen ym. (2012b) aineistossa simmental-sonnien keskimääräinen teurastusikä (565 vrk) oli noin 100 vuorokautta pidempi kuin tässä kokeessa. Honkavaaran (2005) aineistossa 6–18 kuukautta kestäneessä loppukasvatuksessa sonnien päiväkasvu oli 986–1295 g/pv ja nettokasvu 481–743 g/pv. Huuskosen ym. (2012b) kokeessa sonnien nettokasvu koko kasvatusajalta oli 686 g/pv. Nyt tehdyn kokeen kasvutulokset olivat huomattavasti näitä aineistoja paremmat.

Huuskosen ym. (2012b) tutkimuksessa sonnien keskimääräinen rasvaisuus (2,3) oli samankaltainen kuin tässä kokeessa. Hervan ym. (2011) mukaan suomalaisen lihateollisuuden tavoitteena on, että 2/3 ruhoista luokituu rasvaluokkaan kaksi ja 1/3 rasvaluokkaan kolme. SR1-, SR2- ja SR3-ruokintojen keskimääräiset rasvaluokat (2,2–2,4) sijoituivat hyvin tälle tasolle. Pesosen ja Huuskosen (2015) laajassa suomalaisessa teurastamoaineistossa (2151 simmental-sonnia) valtaosa (63 %) simmental-sonnien ruhoista luokitui lihakkuusluokkien 7 (R-) ja 9 (R+) väliin. Yleisin luokka oli R-. SR1-, SR2- ja SR3-ruokintojen keskimääräiset lihakkuusluokat 10,2 (R) olivat 1,9 pistettä korkeampia kuin Huuskosen ym. (2012b) aineistossa, ja selvästi parempia kuin Pesosen ja Huuskosen ym. (2015) aineistossa. Huuskosen ym. (2012a) mukaan liharotuisten sonnien kasvatuksessa tulisi pyrkiä siihen, että sonnien lihakkuusluokka olisi R- tai enemmän. Samassa aineistossa simmental-sonnit ylsivät keskimäärin lihakkuusluokkaan R-, kun niiden elopaino saavutti 381 kiloa. Huuskosen ym. (2012a) aineistossa simmental-sonnit saavuttivat keskimäärin rasvaisuusluokan kolme, kun niiden teuraspaino oli 424 kg ja rasvaisuusluokan kaksi teuraspainon ollessa keskimäärin 395 kg. SR1-, SR2- ja SR3-ruokintojen sonnien

teuraspaino ja rasvaisuusluokka ovat hyvin linjassa näiden tulosten kanssa. Nyt tehdyn kokeen sonnit kasvoivat kokeessa vertailuaineistoja lihaksikkaammiksi ilman, että ne pääsivät rasvoittumaan.

Kokeen päivä- ja nettokasvut selittyvät energian saannilla, koska energian saanti on yleensä tärkein kasvuun vaikuttava tekijä (McDonald ym. 2011 ja Titgermeyer ja Löest 2001). Siksi ruokinnan energiapitoisuuden kasvattaminen nopeuttaa sonnien kasvua ja lyhentää kasvatusaikaa (Jokela ja Rinne 1996, Manni 2018). Energian saanti ja sonnien kasvutulokset ovat yhteydessä säilörehun D-arvoon. Useissa tutkimuksissa (Steenin 1987, ref. Keady ym. 2012, Steen ym. 2002, Keady ym. 2008) on todettu, että D-arvon parantuessa 10 g/kg kasvaa sonnien ruhopaino 13–30 g/pv, kun ruokinnan väkirehuprosentti vaihtelee 20–60 prosentin välillä. Jokelan ja Rinteen (1996), Randbyn ym. (2010) ja Mannin (2018) mukaan ruokinnan energiapitoisuuden kasvattaminen rasvoittaa kuitenkin ruhoja. SR1-, SR2- ja SR3-ruokinnoissa energian saanti ei kuitenkaan vaikuttanut ruhojen rasvaisuuteen tai muihin ruhon laatuominaisuuksiin.

Rehun syöntikyky määrittää pääosin rehun ruokinnallisen arvon eläintuotannossa (McDonald ym. 1991). SR1- ja SR3- ruokintojen sonnit söivät kuiva-ainetta enemmän kuin SR2-ruokinnan sonnit ja siitä johtuen näiden ruokintojen sonnien päivä- ja nettokasvut olivat hypoteesin mukaisesti suurempia kuin SR2-ruokinnan. Vähentyneen syönnin ja pienemmän ravintoaineiden saannin vuoksi sonnien kasvutulokset olivat SR2-ruokinnassa selvästi huonommat kuin muissa ruokinnoissa. Myöhästynyt sadonkorjuu selittää osin SR2-ruokinnan heikommat tulokset, koska heikommin sulavan säilörehun syöntipotentiaali ja ravintoainesisältö ovat huonompia. Sonnien kasvu oli kuitenkin tästä huolimatta odotettua huonompi toisen sadon ruokinnassa. Myöskään SR3:a saaneiden sonnien tuotantotulokset eivät olleet odotetun kaltaisia ennakoitua pienemmän syönnin vuoksi. Sen vuoksi SR3-ruokinnan sonnien ravintoaineiden saanti ei ollut merkitsevästi suurempi kuin SR1:a saaneiden sonnien. Sairasen ym. (2016) tutkimuksessa kolmannen niiton huonompia tuotantotuloksia selitti se, että sen syönti oli rajoittunutta tuntemattoman syyn takia, sillä energiaa ei päätelty karkaavan metaanin tai virtsan mukana. Toisaalta on myös mahdollista, että SR3-ruokinnan erinomaisista kasvutuloksista johtuen sonnien kasvutaso oli jo suurin mahdollinen, eikä SR3:n hyvä laatu siksi ilmennyt parantuneena syöntinä.

Huhtasen ym. (2001) mukaan niittojen erilaisia tuotantovaikutuksia ei täysin selitä korjuukertojen kemiallinen koostumus, eikä mahdollisesti myöskään ravintoaineiden saanti. Sairanen ym. (2016) havaitsivat, että kolmannen sadon aikaista toista niittoa korkeampi energiapitoisuus (0,5 MJ/kg ka) ei näkynyt maitotuotosvasteena, sillä kolmatta satoa saaneiden lehmien maitotuotos oli 2,6 kg/pv pienempi kuin laskennallisesti oli odotettavissa. Myös Sairasen ja Juutisen (2013) tutkimuksessa kolmannen niiton muita satoja korkeamman D-arvon maitotuotosvaste oli hyvin pieni, ja sen ruokinnallinen arvo jäi samalle tasolle tai huonommaksi kuin muiden niittojen. Maidontuotantokokeessa kolmatta säilörehusatoa saaneiden lehmien EKM-tuotos oli huonompi kuin sulavuuden ja energiapitoisuuden perusteella oli odotettavissa (Nikander 2018). Sen sijaan Huhtasen ym. (2001) tutkimuksessa kolmannen niiton säilörehua saaneet lehmät tuottivat 1,0 kilon enemmän maitoa kuin toista satoa saaneet lehmät, mutta energiakorjatussa maitotuotoksessa ei ollut merkitsevää eroa. Näiden ja nyt tehdyn kokeen tulosten pohjalta olisi tärkeää tutkia tarkemmin kolmatta niittoa, jotta kolmannen niiton rehujen analysointimenetelmät saataisiin vastaamaan paremmin tuotantotuloksia.

SR1- ja SR2-ruokintojen valkuaisen hyväksikäyttö oli parempi kuin SR3-ruokinnan. SR3:n korkea raakavalkuaispitoisuus heikensi valkuaisen hyväksikäyttöä, koska kaikkien ruokintojen PVT oli riittävä ja Huuskosen ja Ojajärven (2006) mukaan valkuaisen hyväksikäyttö on paras, kun hyvin sulavan säilörehun raakavalkuaispitoisuus on vain 120–130 g/kg ka. SR1-, SR2- ja SR3-ruokintojen kuiva-aineen ja energian hyväksikäytössä ei havaittu eroja ruokintojen välillä. Huhtasen ym. (2001) kokeessa kolmannen sadon ME-pitoisuus oli yliarvioitu, koska ME:n hyväksikäyttö maidontuotantoon oli heikko ja energia kohdistui elopainonlisäykseen. Huonompi hyväksikäyttö saattoi johtua ravintoaineiden vääristä suhteista toisiinsa nähden. Sairanen ym. (2016) havaitsivat, että kolmatta satoa saaneiden eläinten rehun hyötysuhde oli paras, koska rajoittuneesta syönnistä huolimatta maitotuotos oli yhtä suuri kuin muilla ruokinnoilla. Näennäinen energian hyväksikäyttö saattoi parantua, koska puuttuva energia kompensoitiin mahdollisesti irrottamalla energiaa kudoksista.

Säilörehuruokinnan täydentäminen väkirehulla parantaa lihakarjan tuotannon tehokkuutta (Keady ym. 2012), sillä väkirehuprosentin nostaminen lisää nautojen energian saantia, mikä nopeuttaa eläinten kasvua (Jokela ja Rinne 1996, Huuskonen ja Pesonen 2018). Yhden väkirehun kuiva-ainekilon lisäys ruokinnassa on nostanut sonnien päiväkasvua 27–92 g (Huuskonen ym. 2007, Huuskonen ja Kotilainen 2012 ja Manninen ym.

2010). Väkirehutäydennyksen tarve riippuu säilörehun rehuarvosta eli sen syöntikyvystä ja ravitsemuksellisesta koostumuksesta (Keady ym. 2012). Siksi olisi ollut kiinnostavaa tutkia, miten väkirehuprosentin suhteuttaminen säilörehun sulavuuden ja laadun mukaisesti olisi vaikuttanut sonnien kasvutuloksiin ja miten toisen sadon säilörehua saaneiden sonnien kasvu olisi kompensoitunut. SR3-seoksen matala karkearehun kuidun osuus rajoittaa ensimmäisenä väkirehuprosentin nostamista.

7 Johtopäätökset

Tutkimuksessa verrattiin ensimmäisen, toisen ja kolmannen säilörehusadon tuotantovaikutuksia lihanautojen loppukasvatuksessa. Samalla tutkittiin sitä, kuinka käyttökelpoinen menetelmä kolmen niiton korjuustrategia on.

Koerehut olivat hyvin sulavia ja hyvin säilyneitä. Kasvukauden kasvuolosuhteet ja korjuun ajoitus aiheuttivat eroja säilörehusatojen kemialliseen koostumukseen. Toisen ja erityisesti kolmannen niiton syönti jäi säilörehun syönti-indeksin perusteella arvioitua syöntiä pienemmäksi. Ensimmäisen ja kolmannen korjuukerran rehujen syöntimäärät olivat yhtä suuria, vaikka kolmannen niiton D-arvo, ME-pitoisuus ja käymislaatu olivat parempia. Jälkikasvurehujen oletettua pienempää syöntiä selittävät mahdollisesti niiden heikompi mikrobiologinen laatu, kasvitaudit, kuollut kasvimateriaali, poikkeava mikrobikasvusto, hometoksiinit sekä kolmannen sadon sään kannalta epävakaa ja myöhäinen korjuuajankohta. Koska jälkisatojen syönti jäi pienemmäksi kuin säilörehun syönti-indeksin perusteella oli oletettavissa, yliarvioi rehuanalyysi todennäköisesti jälkikasvurehujen tuotantovaikutuksen. On myös mahdollista, että SR3-ruokinnan sonnien kasvutaso oli jo suurin mahdollinen, eikä SR3:n korkea laatu siksi parantanut syöntiä SR1:een verrattuna.

Sonnien kasvutulokset olivat hyviä kaikilla ruokinnoilla. Erot kasvutuloksissa selittyvät erilaisilla syönneillä. Toista säilörehusatoa saaneet sonnit kasvoivat muita huonommin osin siksi, että sonnien energian saanti jäi pienemmäksi, koska toisen niiton kasvusto oli korjattu muita vanhempana. Koerehujen hyväksikäytössä ainoastaan kolmatta säilörehusatoa saaneiden sonnien raakavalkuaisen hyväksikäyttö oli muita huonompi kolmannen niiton tarpeettoman korkean valkuaispitoisuuden vuoksi. Ruhon laadussa ei ollut merkitsevää eroa koeruokintojen välillä. Tulosten perusteella nurmi kannattaa korjata

kolme kertaa vuodessa, mikäli kasvukausi sen sallii, koska tuotosvaste on hyvä myös kolmannella niitolla.

Tällä hetkellä korjuukertojen rehuanalyysitulokset eivät aina ole vertailukelpoisia keskenään, sillä ne eivät selitä kaikkia eroja tuotantovaikutuksissa. Jotta myös jälkisatorehujen analysointimenetelmät saadaan kaikilta osin vastaamaan tuotantovaikutusta, tarvitaan tulevaisuudessa vertailevaa tutkimusta eri säilörehusadoista. Näin eri sadot voidaan kohdistaa paremmin oikeille eläinryhmille ja täydentää säilörehuvaltaista ruokintaa optimaalisesti.

8 Kiitokset

Haluan kiittää lämpimästi työni ohjaajia yliopistonlehtori Seija Jaakkolaa ja tutkimusprofessori Arto Huuskosta.

9 Lähteet

- Castle, M. E. & Watson, J. N. 1970. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with and without formic acid. *Grass and Forage Science* 25: 65–71.
- Cheli, F., Campagnoli, A. & Dell’Orto, V. 2013. Fungal populations and mycotoxins in silages: From occurrence to analysis. *Animal Feed Science and Technology* 183: 1–16.
- D’Mello, J.P.F. 2000. Anti-nutritional Factors and Mycotoxins. Teoksessa: D’Mello, P.F. (toim.). *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Edinburgh, UK: CABI Publishing. s. 383–403.
- Ellis, W.C., Poppi, D. & Matis, J.H. 2000. Feed Intake in Ruminants: Kinetic Aspects. Teoksessa: D’Mello, J.P.F. (toim.). *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Edinburgh, UK: CABI Publishing. s. 335–363.
- Euroopan unioni 2013. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus maataloustuotteiden yhteisestä markkinajärjestelystä ja neuvoston asetusten kumoamisesta. Asetus no 1308. Annettu 17.12.2013. EUR-lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX:32013R1308>. Viitattu 19.3.2018.
- Felton, C. A. & DeVries, T. J. 2010. Effect of water addition to a total mixed ration on feed temperature, feed intake, sorting behavior, and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 2651–2660.
- Fisher, A. 2007. Beef carcass classification in the EU: an historical perspective. Teoksessa: Lazzaroni, C. Gigli, S. & Gabiña. D. (toim.). *Evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep*. Wageningen, Alankomaat: Wageningen Academic Publishers, EAAP publication 123: s. 19–30.
- Fink-Gremmels, J. 2008. The role of mycotoxins in the health and performance of dairy cows. *The Veterinary Journal* 176: 84–92.
- Flaten, O., Bakken, A. K. & Randby, Å.T. 2015. The profitability of harvesting grass silages at early maturity stages: An analysis of dairy farming systems in Norway. *Agricultural Systems* 136: 85–95.
- Forbes, J.M. 2000. Physiological and Metabolic Aspects of Feed Intake Control. Teoksessa: D’Mello, J.P.F. (toim.). *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Edinburgh, UK: CABI Publishing. s. 319–333.
- Haigh, P.M. 1997. Silage Dry Matter Content and Predicted Effluent Production in England and Wales 1984–1994. *Journal of Agricultural Engineering Research* 66: 63–77.

- Hejduk, S. 2015. Effect of cutting frequency of four red clover cultivars on forage yield and persistence. Teoksessa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegheer, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). Grassland and forages in high output dairy farming systems (Proceedings of the 18th symposium of the European Grassland Federation, June 15–17 2015, Wageningen, the Netherlands). Grassland Science in Europe 20: 230–232.
- Herva, T., Huuskonen, A., Virtala, A-M. & Peltoniemi, O. 2011. On-farm welfare and carcass fat score of bulls at slaughter. Livestock Science 138: 159–166.
- Honkavaara, M. 2005. Teuraspainon ja ruokinnan vaikutus ruhon kaupalliseen arvoon. Teoksessa: Pihamaa, P. & Huuskonen, A. Uusien naudanlihantuotantomenetelmien talous 75: 62–71.
- Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Pärssinen, P. 2001. Ruokonata lypsylehmien rehuna. Teoksessa: Niemeläinen, O., Topi-Hulmi, M. & Saarisalo, E. (toim.). Nurmitutkimusten satoa: tuloksia lannoituksesta, palkokasveista, luomunurmista, laitumista, ruokonadasta. Suomen Nurmiyhdistyksen julkaisu 14: 34–38.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agricultural and Food Science 15: 293–323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. The Animal Consortium 1: 758–770.
- Huida, L., Väättäin, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass silages as determined by oven drying and gas chromatographic water analysis. Annales Agriculturae Fenniae 25: 215–230.
- Huuskonen, A. 2010. Nurmisäilörehun laadun merkitys lihanaudan ruokinnassa. (toim.). Maataloustieteen päivät. 2010. Helsinki. Finland.
- Huuskonen, A., Huhtanen, P. & Joki-Tokola, E. 2013. The development of a model to predict feed intake by growing cattle. Livestock Science 158: 74–83.
- Huuskonen, A., Khalili, H. & Joki-Tokola, E. 2007. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. Livestock Science 110: 154–165.
- Huuskonen, A. & Kotilainen, E. 2012. Korjuuajastrategioiden vaikutus lihanautojen ruokintaan, kasvuun ja tilan talouteen. Teoksessa: Huuskonen, A., Hyrkäs, M., Juutinen, E., Kotilainen, E., Pakarinen, K., Sairanen, A., Suomela, R., Vauhkonen, E. &

- Virkajärvi, P. 2012. Nurmesta se kaikki lähtee! KARPE karjatilán kannattava pelto-
viljely. Kopio-Raksa, Iisalmi. s. 38–47.
- Huuskonen, A. & Ojajärvi, P. 2006. Naudanlihantuotanto ja ympäristö. Teoksessa: Su-
sanna Tauriainen (toim.). Naudanlihantuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino. s.
211–217.
- Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2018. Effects of replacing different proportions of barley
grain by rye grain on performance of growing and finishing dairy bulls. *Agricultural
and food science* 27: 152–158.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Hyrkäs, M. 2012a. Puhtaiden liharotuisten nautojen
kasvu- ja teurasominaisuudet suomalaisessa teurasaineistossa. Teoksessa: Huuskonen,
A. 2012 Pihvirotuisten nautojen teurasominaisuudet ja lihan laatu. MTT raportti 46:
50–58.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Hyrkäs, M. 2012b. Liharotuisten risteytysnautojen kasvu-
ja teurasominaisuudet suomalaisessa teurasaineistossa. MTT raportti 46: 59–68.
- Huuskonen, A., Pesonen, M. & Joki-Tokola, E. 2014. Effects of supplementary concen-
trate level and separate or total mixed ration feeding on performance of growing dairy
bulls. *Agricultural and Food Science* 23: 257–265.
- Huuskonen, A., Rämö, S. & Pesonen, M. 2018. Effects of primary growth compared to
regrowth grass silage on feed intake, growth performance and carcass traits of growing
bulls. *Agricultural and Food Science* 27: 232–242.
- Nyholm, L. 2017. Säilörehujen laatu 2017 satokausi. Valio Artturi.
- Nyholm, L. 2018. Säilörehujen laatu 2018 satokausi. Valio Artturi.
- Hyrkäs, M., Korhonen, P., Pitkänen, T., Rinne, M. & Kaseva, J. 2018. Grass growth mod-
els for estimating digestibility and dry matter yield of forage grasses in Finland. Teok-
sessa: Horan, B., Hennessy, D., O'Donovan, M., Kennedy, E., McCarthy, B., Finn, J.
A. & O'Brien, B. (toim.). Sustainable meat and milk production from grasslands (Pro-
ceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation, June 17–
21, Cork, Ireland). *Grassland Science in Europe* 23: 252–254.
- Hyrkäs, M., Kykkänen, S., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. 2014. Korjuustrategiat timotei-
nurminataseoksilla. Kestävä karjatalous -hankkeen loppuseminaari. 16.12.2014. Kuo-
pio.
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Juutinen, E., Virkajärvi, P. & Suomela R. 2012. The effect of
harvest timing on the amount and the quality of total yield of grass silage per growing
season. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M & Vanhatalo, A. (toim.). (Proceedings of

- the XVI International Silage Conference, July 2–4 2012, Hämeenlinna, Finland). Unigrafia, Helsinki. s. 178–179.
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Kykkänen, S., Virkajärvi, P. & Isolahti, M. 2015. Different harvesting strategies and cultivar mixtures for grass silage production in Finland. Teoksessa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). Grassland and forages in high output dairy farming systems (Proceedings of the 18th symposium of the European Grassland Federation, June 15–17 2015, Wageningen, the Netherlands). Grassland Science in Europe 20: 239–241.
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P., Toivakka, M. & Suomela, R. 2016a. The development of yield and digestibility of the third cut of grass silage in Finland. Teoksessa: Höglind, M., Bakken, A. K., Hovstad, K. A., Kallioniemi, E., Riley, H., Steinshamn, H. & Østrem, L. (toim.). The multiple roles of grassland in the European bioeconomy (Proceedings of the 26th general meeting of the European Grassland Federation, September 4–8 2016, Trondheim, Norway). Grassland Science in Europe 21: 498–500.
- Hyrkäs, M., Virkajärvi, P., Sairanen, A., Suomela, R., Luoma, S. & Toivakka M. 2016b. Kolmannen säilörehusadon kehitysrytmi ja viljelytekniset ratkaisut. (toim.). Maataloustieteen päivät. 2016. Helsinki. Finland.
- Ilmatieteen laitos 2015. Ilmatieteen laitoksen sääasemien arkisto. <https://suja.kapsi.fi/fmi-tilastot.php?kuumoodi=true>. Julkaistu 2015, viitattu 15.12.2018.
- Jackson, N. & Forbes, T. J. 1970. The voluntary intake by cattle of four silages differing in dry matter content. Animal Science 12: 591–599.
- Jokela, M. & Rinne, M. 1996. Sian ja naudan ruokinnan vaikutus lihan laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 7. Jokioinen: MTT. 99 s.
- Keady, T. W. J., Lively, F. O., Kilpatrick, D. J. & Moss, B. W. 2008. The effects of grain treatment, grain feed level and grass silage feed value on the performance of and meat from, finishing beef cattle. Animal 2:149–159.
- Keady, T. W. J., Marley, C. M. & Scollan, N. D. 2012. Grass and alternative forage silages for beef cattle and sheep: effects on animal performance. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (toim.). (Proceedings of the XVI International Silage Conference, July 2–4 2012, Hämeenlinna, Finland). Unigrafia, Helsinki. s. 152–165.
- Kokkonen, Y., Tuominen, S., Tebest, T. & Rissanen, J. 2014. Pitkän ajan lämpötilatilastot kertovat: vuoden jokainen kuukausi lämpenee – paitsi yksi viilenee. <https://yle.fi/uutiset/3-7038749>. Julkaistu 25.1.2014, viitattu 15.12.2018.

- Komission direktiivi 2003. 2003/100/EC. Haitallisista aineista eläinten rehuissa annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002/32/EY liitteen I muuttamisesta. Annettu 31.10.2003. Euroopan unionin virallinen lehti L285: 33–37. Julkaistu 1.11.2003. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2003:285:FULL&from=FI>. Viitattu 1.3.2019.
- Komission suositus 2006. 2006/576/EY. Deoksinivalenolin, zearalenonin, okratoksiini A:n, T-2- ja HT-2-toksiinin sekä fumonisiinien esiintymisestä eläinten rehuksi tarkoitetuissa tuotteissa. Annettu 17.8.2006. Euroopan unionin virallinen lehti L229: 7–9. Julkaistu 23.8.2006. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2006:229:FULL&from=FI>. Viitattu 1.3.2019.
- Korhonen, H. 2018. Niittorytmin vaikutus nurminadan, timotein ja timotei–nurminata-seoskasvuston kasvuun ja sadon laatuun. pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 69 s.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Ahvenjärvi, S., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2010. The effect of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrient supply in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 3253–3263.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2005. The effect of harvesting strategy of grass silage on milk production. Teoksessa: O'Mara, F.P., Wilkins, R.J., Mannetje, L., Lovet, D.K., Rogers, P.A.M. & Boland, T.M. (toim.). (XX International Grassland Congress: Offered papers. June 26–July 1 2005, Dublin, Irlanti). Wageningen, Alankomaat: Wageningen Academic Publisher. 484 s.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. *Livestock Science* 116: 171–182.
- Lahr, D. A., Otterby, D. E., Johnson, D. G., Linn, J. G. & Lundquist, R. G. 1983. Effects of moisture content of complete diets on feed intake and milk production by cows. *Journal of Dairy Science* 66: 1891–1900.
- Luke. 2015. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset Märehtijät – Siat – Siipikarja – Hevoset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2015.
- Luke. 2017. Rehutaulukot. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/laskentaperusteet>. Viitattu 12.1.2018.

- Luke. 2018. Lihantuotanto, tilastotietokanta. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__06%20Lihantuotanto/02_Lihantuotanto_teurastamoissa_v.px/table/tableViewLayout1/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db. Viitattu 9.3.2018.
- Manni, M. 2018. Restricted energy intake strategies for growing and finishing dairy bulls offered grass silage-based diets. *Natural resources and bioeconomy studies* 41/2018.
- Manninen, M., Honkavaara, M., Jauhiainen, L., Nykänen, A. & Heikkilä, A-M. 2011. Effects of grass-red clover silage digestibility and concentrate protein concentration on performance, carcass value, eating quality and economy of finishing Hereford bulls reared in cold conditions. *Agricultural and Food Science* 20: 151–168.
- Manninen, M., Jauhiainen, L., Ruusunen, M., Soveri, T., Koho, N. & Pösö, R. 2010. Effects of concentrate type and level on the performance and health of finishing Hereford bulls given a grass silage-based diet and reared in cold conditions. *Livestock Science* 127: 227–237.
- McDonald, P. Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan. C. A., Sinclair. L. A. & Wilkinson. R. G. 2011. *Animal Nutrition*. 7. painos. Harlow, UK: Pearson Education Limited. 712 s.
- McDonald, P, Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2. painos. Chalcombe publications. Aberystwyth, UK: Cambrian Printers Ltd. 340 s.
- Miller-Cushon, E. K. & DeVries, T. J. 2009. Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 92: 3292–3298.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1989. A titration method for silage assessment. *Animal Feed Science and Technology* 22: 341–353.
- Moisio, T. & Heikonen, M. 1992. *AIV-rehun perusteet*. Helsinki. Kirjayhtymä Oy. Helsinki. Painettu: Tampere. Tammer-Paino Oy. 170 s.
- Muck, R. E. 1988. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Management. *Journal of Dairy Science* 71: 2992–3002.
- Müller, C.E., Hultén, C. & Gröndahl, G. 2011. Assessment of hygienic quality of haylage fed to healthy horses. *Grass and Forage Science* 66: 453–463.
- Nikander, S. 2018. *Nurmisäilörehun korjuukerran vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon*. pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, maataloustieteiden laitos. 42 s.
- Morrison, I. M. 1980. Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. *Grass and Forage Science* 35: 287–293.

- O'Brien, M., O'Kiely, P., Forristal, P. D. & Fuller, H. 2008. Fungal contamination of big-bale grass silage on Irish farms: predominant mould and yeast species and features of bales and silage. *Grass and forage science* 63: 121–137.
- Owens, F. N., Dubeski, P. & Hansont, C. F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science* 71: 3138–3150.
- Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Suomela, R. & Virkajärvi, P. 2012. Nutrient use efficiency in different harvesting strategies of silage swards based on timothy and two fescue species. Teoksessa: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (toim.). (Proceedings of the XVI International Silage Conference, July 2–4 2012, Hämeenlinna, Finland). Unigrafia, Helsinki. s. 130–131.
- Pesonen, M. 2015. Naudanlihan syöntilaatuun vaikuttavat tekijät. Luonnonvarakeskus. Helsinki. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2015.
- Pesonen, M. & Huuskonen, A. 2015. Production, carcass characteristics and valuable cuts of beef breed bulls and heifers in Finnish beef cattle population. *Agricultural and Food Science* 24: 164–172.
- Phillips, C. J. C. 2010. Principles of cattle production. 2. painos. Wallingford, UK: CABI. 233 s.
- Popov, K. 2015. VYR. Kasvukausi 2015 koetteli. <https://www.vyr.fi/fin/ajankoh-taista/uutiset/2015/12/kasvukausi-2015-koetteli/>. Julkaistu 9.12.2015, viitattu 15.12. 2018.
- Randby, Å. T., Nørgaard, P. & Weisbjerg, M. R. 2010. Effect of increasing plant maturity in timothy dominated grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. *Grass and Forage Science* 65: 273–286.
- Rinne, M. 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. *Helsingin yliopiston kotieläintieteen laitoksen julkaisuja* 54. Helsinki. Finland. Helsinki University Press. 49 s.
- Rinne, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1997. Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology* 67: 1–17.
- Sairanen, A. & Hyrkäs, M. 2015. The development of yield and digestibility of a grass mixture during primary growth and regrowth. Teoksessa: Nolles, J., van den Pol, A. & Stienezen, M. (toim.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems*. (18th EGF symposium, June 13–19 2015. Wageningen, Alankomaat). European Grassland Federation.

- Sairanen, A. & Juutinen, E. 2013. Feeding value of late autumn cut timothy-meadow fescue silage under Nordic conditions. Teoksessa: Helgadóttir, Á. & Hopkins, A. (toim.). The role of grasslands in a green future: threats and perspectives in less favoured areas (Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, June 23–26 2013, Akureyri, Iceland). Grassland Science in Europe 18: 267–269.
- Sairanen, A., Juutinen, E., Hyrkäs, M., Virkajärvi, P. & Suomela, R. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus nurmisatoon ja lypsylehmien väkirehutäydennykseen. Teoksessa: Schulman, N. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2012. Helsinki. Finland. 211 s.
- Sairanen, A., Palmio, A. & Rinne, M. 2016. Milk production potential of regrowth grass silages. Teoksessa: Höglind, M., Bakken, A. K., Hovstad, K. A., Kallioniemi, E., Riley, H., Steinshamm, H. & Ostrem, L. (toim.). The multiple roles of grassland in the European bioeconomy (Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation, September 4–8 2016, Trondheim, Norway). Grassland Science in Europe 21: 379–381.
- Sairanen, A., Rinne, M. 2014. Nurmisäilörehun korjuuajan merkitys ruokinnansuunnittelussa. Teoksessa: Hakojarvi, M. Schulman, N. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2014. January 8–9 2014. Helsinki. Finland.
- Salo, T., Eurola, M., Rinne, M., Seppälä, A., Kaseva, J. & Kousa, T. 2014. The effect of nitrogen and phosphorus concentrations on nutrient balances of cereals and grass silage. MTT report 147.
- SeiLab (Seinäjoen elintarvike- ja ympäristölaboratorio). Rehuanalyysin tulkintaohjeistus: Märehtijät. <http://www.seilab.fi/tutkimukset/rehututkimukset.html/47916.pdf>. Viitattu 19.3.2018.
- Steen, R. W. J. 1984. A comparison of two-cut and three-cut systems of silage making for beef cattle using two cultivars of perennial ryegrass. Animal production 38: 171–179.
- Steen, R. W. J. 1987. Factor affecting the utilization of grass silage for beef production. Teoksessa: Frame, J. F. (toim.). Efficient beef production from grass. (Occasional symposium of the British Grassland Society, November 3–5 1987). Peebles, Skotlanti. British Grassland Society 22: 129–139.
- Steen, R. W. J. & Kilpatrick, D.J. 1995. Effects of plane of nutrition and slaughter weight on the carcass composition of serially slaughtered bulls, steers and heifers of three breed crosses. Livestock Production Science 43: 205–213.

- Steen, R. W. J., Kilpatrick, D. J. & Porter, M. G. 2002. Effects of the proportions of high or medium digestibility grass silage and concentrates in the diet of beef cattle on live-weight gain, carcass composition and fatty acid composition of muscle. *Grass and Forage Science* 57: 279–291.
- Søgaard, K. & Eriksen, J. 2015. The effect of cutting strategy on production and quality of high-yielding multispecies grasslands. Teoksessa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems* (Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, June 15–17 2015, Wageningen, Alankomaat). Wageningen, Alankomaat: Wageningen Academic Publishers. *Grassland Science in Europe* 20: 319–322.
- Thorvaldsson G., Tremblay G. F. and Kunelius H. T. 2007. The effects of growth temperature on digestibility and fibre concentration of seven temperate grass species. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil & Plant Science* 57: 322–328.
- Titgemeyer, E. C. & C. A. Löest, C. A. 2001. Amino acid nutrition: Demand and supply in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science* 79: E180–E189.
- Trenkle, A. & Marple, D. N. 1983. Growth and development of meat animals. *Journal of Animal Science* 57: 273–283.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2. painos. Ithaca. USA. Cornell University Press. 476 s.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Virkajärvi, P., Rinne, M., Mononen, J., Niskanen, O., Järvenranta, K., Sairanen, A. 2015. Dairy production systems in Finland. Teoksessa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H. F. M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J. A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems* (Proceedings of the 18th symposium of the European Grassland Federation, June 15–17 2015, Wageningen, the Netherlands). *Grassland Science in Europe* 20: 51–66.
- Yiannikouris, A. & Jouany, J.-P. 2002. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review. *Animal Research* 51: 81–99.